ganz1912

LYNN WHITE (h.)
Universidad de California, Los Angeles

TECNOLOGÍA MEDIEVAL Y CAMBIO SOCIAL

Economía Política Sociedad

Editorial Paidós
Buenos Aires

Título del original en inglés
MEDIEVAL TECHNOLOGY AND SOCIAL CHANGE

Publicado por
OXFORD AT THE CLARENDON PRESS
Oxford University Press, 1962

1ª Edición 1973

Versión castellana de
ERNESTO CÓRDOBA PALACIOS

Diseño gráfico de tapa
SILVIO BALDESSARI

ganz1912

Impreso en la Argentina
(Printed in Argentina)
Todos los derechos reservados

Queda hecho el depósito que establece la ley nº 11.723

Copyright de la edición castellana
By EDITORIA PAIDÓS, S.A.I.C.F.
Defensa 599, 3er. piso, Buenos Aires

LISTA DE ILUSTRACIONES

1. Gema kushana grabada (año 1000 d.C., aprox.), en la que probablemente aparecen estribos rígidos de ganchos. Ver pág. 31, n. 72.
2. Los Reyes Magos camino de Belén, provistos de estribs (segunda representación cristiana). Iluminación de un homiliario siríaco del 800 d.C. (aprox.), probablemente del Norte de la Mesopotamia. Ver pág. 41, n. 144. En cuanto a la primera representación cristiana de estribos, cf. Pág. 160.
3. La más antigua representación europea de un arnés moderno (800 d.C., aprox.). Ver pág. 77, n. 199.
4. primera representación de una manivela: maqueta de una máquina aventadora de arroz, hallada en una tumba de la dinastía Han, anterior al año 200 d.C. Ver pág. 121.
5. Disco de madera y clavija excéntrica, encontrados en la segunda barca del lago Nemi. Ver pág. 123.
6. Dibujo de Giovanni de Fontana (1420-49, aprox.) de un taladro con manivela, mal interpretado desde el punto de vista mecánico. Ver pág. 130, n. 226.
7. Dibujo de Mariano de Jacopo Taccola (1441-58) de una manivela compuesta y una biela, que responden a una interpretación mecánica equivocada. Ver pág. 131, n. 230.
8. Dibujo de Francesco di Giorgio (1482-1501) de cigüeñales paralelos, con biela, para trasladar el movimiento giratorio continuo a un plano paralelo. Ver pág. 132, n. 235.
9. Dibujo de Francesco di Giorgio de reguladores de bola y cadena relacionados con manivelas compuestas y bielas. Ver pág. 134, n. 249.
10. Iluminación de un reloj de agua (1250, aprox.), que se hallaba presumiblemente en el palacio de San Luis, en París. Ver pág. 138, n. 275.

A LA MEMORIA
DE MARC BLOCH

PREFACIO

Pese a la opinión de Voltaire, la historia es una bolsa de trucos con que los muertos han chasqueado a los historiadores. El más curioso de estos engaños consiste en creer que los testimonios escritos disponibles nos proporcionan un facsímil razonablemente exacto de la pasada actividad humana. La "prehistoria" se define como el período para el cual no se cuenta con testimonios de esa índole. Pero hasta hace muy poco la inmensa mayoría de la humanidad vivía en una subhistoria, que era una continuación de la prehistoria. Y esta situación no era característica exclusiva de los estratos inferiores de la sociedad. En la Europa medieval, hasta las postrimerías del siglo XI, casi todo lo que sabemos de la aristocracia feudal proviene de fuentes clericales que, lógicamente, reflejan actitudes eclesiásticas: los caballeros no hablan por sí mismos. Sólo más tarde los comerciantes, los fabricantes y los técnicos comienzan a hacernos partícipes de sus ideas. El campesino fue el último en encontrar su propia expresión.

Si los historiadores han de procurar escribir la historia de la humanidad, y no simplemente la historia de la humanidad tal como la veían aquellos reducidos sectores especializados de nuestra raza que habían adquirido el hábito de borronear páginas, es menester que revean los testimonios a la luz de un nuevo enfoque, se formulen nuevas preguntas sobre éstos y utilicen todos los recursos de la arqueología, la iconografía y la etimología en busca de respuestas cuando ninguno de los escritos de la época pueda darlas.

Puesto que la tecnología, hasta hace algunos siglos, era sobre todo preocupación de grupos que escribían poco, se había descuidado el papel que al desarrollo tecnológico le toca en los asuntos humanos. Este libro responde a una triple intención. En primer lugar, presenta tres estudios acerca de la tecnología y el cambio social en la Edad Media europea: uno, sobre los orígenes de la aristocracia secular; otro, que trata del dinamismo del campesinado en la temprana Edad Media; y un tercero, que se refiere al contexto tecnológico de la primera época del capitalismo. En segundo lugar, muestra qué clase de fuentes y qué medios han de utilizarse cuando se intenta explorar los sectores del pasado no documentados con testimonios escritos (campo que abarca mucho más que la historia tecnológica). Tercero, demuestra que, mucho tiempo antes de Vasco de Gama, las culturas del hemisferio oriental

eran notablemente más osmóticas que lo que la mayoría de nosotros creíamos. Para comprender las fuentes y las ramificaciones de los adelantos registrados en la Europa medieval nos es forzoso recorrer, en nuestra investigación, Benin, Etiopía y Timor, Japón y el Altai.

Como últimamente han sido muchos los interesados en conocer la relación entre la tecnología y la modificación de las formas sociales, he procurado que el texto de este libro se caracterizara por su brevedad y fluidez; abrigo, así, la esperanza de que resulte útil para el estudioso de nivel general. Debido a ello, las notas no tienen meramente un sentido de documentación, sino qué a menudo son toda una orquestación en la que se desarrollan, con destino al especialista, argumentos que habrían retardado el ritmo del texto, o se exploran sendas que conducen a zonas oscuras y que con el tiempo deberán ser investigadas en otras tantas monografías. Anhelo fervientemente que algunos lectores logren sentirse incitados a corregir las inexactitudes y estimulados a ampliar las partes tratadas de manera insuficiente, y espero que me harán el favor de compartir conmigo su erudición.

Longum erat intentar agradecer toda la gentil ayuda que me han prestado tantos estudiosos y tantas bibliotecas. A menudo la mención de un libro al pasar, o una observación casual, me abrieron una nueva pista. Una vez, por ejemplo, a propósito de un plato de cerdo agridulce que nos sirvieron en un restaurante chino cercano a la Universidad de Columbia, el antropólogo Ralph Linton expuso su teoría de que la introducción de los frijoles en Arizona y Nuevo México había proporcionado la necesaria base nutritiva para el desarrollo de la cultura de los Hombres de las Rocas (*Clift Dwellers*). Mucho tiempo después de su lamentada muerte reparé en que posiblemente una abundante provisión de proteínas tuvo algo que ver con la exuberante vitalidad de Europa en las postrimerías del siglo X.

Mis principales deudas de gratitud son para con una serie de eruditos que no he conocido salvo a través de sus obras. Por encima de todos los demás, Marc Bloch, el cerebro más original entre los medievalistas de nuestro siglo, enfocó la tecnología del Medioevo y el cambio social como un campo unificado de estudio. Acogió con entusiasmo crítico las precursoras investigaciones de Lefevbre des Noëttes sobre la utilización de la energía animal; son clásicos sus escritos sobre la tecnología agraria medieval y sobre la difusión del molino hidráulico. Por estas razones el presente libro está dedicado a su memoria.

Me siento particularmente agradecido a las autoridades de la Universidad de Virginia, que me invitaron a dar las Conferencias James W. Richard sobre historia, material que utilicé para la elaboración de este libro. Agradezco a las autoridades del Mills College por haberme permitido durante varios meses cierta libertad en cuanto a mis obligaciones administrativas al cabo de mis quince años de presidente de esa institución; a los regentes de la Universidad de California por haberme concedido licencia para realizar investigaciones en los comienzos de mi incorporación al cuerpo docente de esa Universidad; y a la John Simon Guggenheim Memorial Foundation por haberme brindado la posibilidad de aceptar esa licencia. Del mismo modo, estoy muy reconocido a los museos y bibliotecas que me proporcionaron fotografías para este volumen, y a la doctora Rosalie Green, que tan gentilmente dirige el incomparable Indice Princeton de Arte Cristiano.

LYNN WHITE (h.)
Departamento de Historia
Universidad de California, Los Ángeles

Non contemnenda quasi parva sine quibus magna constare non possunt.

(No ha de menospreciarse como si fuera pequeño, aquello sin lo cual no pueden mantenerse en pie las grandes cosas).

SAN JERÓNIMO

1. EL ESTRIBO, EL COMBATE CON CARGA DE CABALLERÍA, EL FEUDALISMO Y LA CABALLERÍA

La historia del uso del caballo en el campo de batalla se divide en tres períodos: primero, el del carro de dos ruedas; segundo, el del guerrero montado que se pega a su cabalgadura mediante la presión de sus rodillas; y, tercero, el del jinete provisto de estribos[1]. El caballo siempre significó para su dueño una ventaja en el combate con respecto al soldado de a pie; los sucesivos perfeccionamientos de su uso militar han estado relacionados con cambios sociales y culturales de vasto alcance[2].

Antes de que se introdujese el uso del estribo, el asiento del jinete era precario[3]. El freno[4] y las espuelas[5] podían ayudarlo a controlar su monta; la montura sencilla[6] podía dar firmeza al asiento; no obstante, el jinete se hallaba todavía muy coartado en sus métodos de combate. Fundamentalmente manejaba el arco y disparaba dardos con gran rapidez de movimientos. Su manejo de la espada era limitado, porque "al carecer de estribos, cuando el jinete trataba de herir a su enemigo con un fuerte golpe y describiendo con el brazo un arco muy abierto, sólo le bastaba errar el blanco para encontrarse en el suelo"[7]. En cuanto a la lanza, antes de la invención del estribo se la manejaba apoyándola en la parte superior del brazo, de manera que el golpe era descargado

---

[1] Véase pág. 153.

[2] Véase pág. 153.

[3] Cf. H. Müller-Hickler, "Sitz und Sattel im Laufe der Jahrhunderte", *Zeitschrift für historische Waffen- und Kostümkunde*, X (1923), 9.

[4] R. Zschille y R. Forrer, *Die Pferdetrense in ihrer Formentwicklung* (Berlín, 1893); H. A. Potratz, "Die Pferdegebisse des zwischenstromländischen Raumes", *Archiv für Orientforschung*, XIV (1941), 1-39; A. Mozsolics, "Mors en bois de cerf sur le territoire du bassin des Carpathes", *Acta archaeologica* (Budapest), III (1953), 69-109, M. Schiller, "Trense und Kandare", *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-naturwiss. Reihe*, VII (1957-8), 465-95.

[5] C. de L. Lacy, *History of the Spur* (Londres, 1911); J. Martin, *Der Reitersporn: seine Entstehung und früheste Entwicklung* (Leipzig, 1921); K. Friis-Johansen, "Et bidrag til ryttarsporen aeldste historie", *Corrolla archaeologica in honorem C. A. Nordman* (Helsinki, 1952), 41-57.

[6] A. Schlieben, "Reit- und Packsättel der Alten", *Annalen des Vereins für Nassauische Altertumnskunde*, XXI (1889), 14-27; R. Norberg, "Om förhistoriska sadlar i Sverige", *Rig*, XII (1929), 97-113; J. Werner, "Beiträge zur Archaologie des Attila-Reiches", *Bayerische Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Abhandlungen*, fascíc. 38A (1956), 50-53; ver más adelante, nota 32.

[7] D. H. Gordon, "Swords, rapiers and horseriders", *Antiquity*, XXVII (1953), 75.

con la fuerza del hombro y del bíceps[8]. El estribo permitió -si bien no la impuso necesariamente- una forma muchísimo más eficaz de ataque: el jinete podía ahora dejar descansar su lanza, sosteniéndola entre la parte superior del brazo y el cuerpo, y abalanzarse contra el enemigo descargando el golpe no con sus músculos sino con el peso combinado de su propio cuerpo y el de su caballo lanzado a la carga.

El estribo, al brindar un apoyo lateral aparte del sostén que por adelante y por atrás ofrecían el pomo y el borrén respectivamente, asociaba de manera eficaz al caballo y al jinete en una sola unidad de combate capaz de una violencia sin precedentes. La mano del combatiente ya no era la que descargaba el golpe: simplemente lo guiaba[9]. El estribo reemplazó así la energía humana por la fuerza del animal y aumentó enormemente la capacidad del guerrero para causar daño a su enemigo. Inmediatamente, pues, sin etapas preparatorias, posibilitó el combate con carga de caballería, o sea una nueva y revolucionaria manera de combatir.

¿Cuáles fueron las consecuencias de la introducción del estribo en Europa?

1
La teoría clásica de los orígenes del feudalismo y sus críticos

El historiador de las instituciones de los francos trae no pocas veces a la mente fatigada el recuerdo de Eliza en el hielo*: con una hipótesis bien apretada contra su pecho, salta de una sospechosa carta de privilegios a una ambigua capitular, acosado por los ladridos de los críticos. Tan endeble y resbaladiza es la interpretación de los testimonios escritos que se conservan de la época de los reinos germánicos, que habría sido

---

[8] Según lo observó, antes que ningún otro estudioso, H. Delbrück, *Geschichte der Kriegskunt* (Berlín, 1900), I, 141.

[9] En el siglo XII Usāmah describió claramente la mayor efectividad del combate "a la carga" y la nueva relación entre hombre y caballo: "El que está a punto de atacar con su lanza debe empuñarla lo más firmemente posible en su mano y debajo del brazo, apretándola contra su costado, y debe dejar que su caballo corra y tome el impulso requerido; pues si moviera su mano sin tener bien sujeta la lanza, o si extendiera el brazo con la lanza, entonces su impulso no tendría ningún efecto ni causaría daño alguno" (*An Arab-Syrian Gentleman and Warrior in the Period of the Crusades; Memoirs of Usāmah ibn Munqidh*, comp. y trad. por P. K. Hitti [Nueva York, 1929], 69-70; cf. también 173 y 175 para la relación entre el estribo y la lanza apoyada).

* Personaje de *La cabaña del Tío Tom*, de Harriet E. Beecher Stowe, que con su hijjto negro en los brazos cruza las aguas heladas del río Ohio, huyendo de sus perseguidores. (T.)

lógico esperar que los estudiosos de los orígenes del feudalismo hubiesen empeñado todos los esfuerzos posibles para complementar los documentos disponibles con los materiales arqueológicos que, en los últimos años, han empezado a modificar tan notablemente nuestra visión de la temprana Edad Media. Pero no es ése el caso: la vasta bibliografía de la ingeniosa controversia en torno de los orígenes del feudalismo se ha ido acumulando principalmente por obra de historiadores jurídicos y constitucionalistas; en consecuencia, se trata casi enteramente de un problema de exégesis textual.

La primera etapa de la discusión culminó en 1887 con la publicación de "Der Reiterdienst und die Anfänge des Lehnwesens", de Heinrich Brunner[10]. Este autor codificó, sintetizó y amplió en forma tan brillante las conclusiones de sus predecesores, que su teoría se ha convertido en la teoría clásica sobre el comienzo de la sociedad feudal.

Según Brunner, el feudalismo fue esencialmente militar[11], un tipo de organización social destinado a producir y sostener una caballería. Los primitivos germanos, entre ellos los francos, habían en alguna medida combatido a caballo, pero cuando la agricultura fue desplazando a la ganadería como base de su economía, declinó proporcionalmente el uso de la caballería. Los francos, sobre todo, llegaron a combatir casi exclusivamente a pie: de hecho, su arma típica, la francisca, sólo resultaba eficaz en manos de la infantería. Brunner creía que en fecha tan avanzada como el año 732[12], el ejército de Carlos Martel que enfrentó a los sarracenos en las cercanías de Poitiers se componía principalmente de infantes, los cuales, según las famosas palabras del llamado Isidoro Pacense, "se mantienen rígidos corno un muro y, sólidamente unidos a modo de un cinturón de hielo, matan a los árabes con sus espadas"[13]. Sin embargo, en un relato de la batalla del Dyle, librada en el 891, se nos dice que "los francos no están acostumbrados a

---

[10] *Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte Germanistigche Abteilung*, VIII (1887), 1-38; reproducido en Brunner, *Forschungen zur Geschichte des deutschen und französischen Rechts* (Stuttgart, 1894), 39-74. Con respecto a la primera etapa de la discusión, véase C. Stephenson, "The origin and significance of feudalism", *American Historical Review*, XLVI (1941), 788-94.

[11] Véase pág. 153.

[12] Esta fecha era inexacta. M. Baudot, "Localisation et datation de la premiére victoire remportée par Charles Martel contre les Musulmans", *Mémoires et docurnents publiés par la Société de l'Ecole des Chartes*, XII, 1 (1955), 93-105, demuestra que esta batalla no se libró en el año 732 sino el 17 de octubre de 733, unos pocos kilómetros al nordeste de la confluencia de los ríos Vienne y Creuse.

[13] Véase pág. 154.

combatir a pie"[14]. ¿Cuándo se produjo entre los francos este cambio de la infantería a la caballería?

Brunner retrocedió un poco más en el examen de los testimonios disponibles y llegó a la conclusión de que los ejércitos de Carlomagno y sus sucesores se componían principalmente de caballería. En el 758 Pipino modificó el tributo que debían pagarle los sajones: en vez de ganado vacuno les exigió caballos[15]. En el 755 el Campo de Marzo, o sea la tradicional revista del ejército franco , fue trasladado al mes de mayo, presumiblemente porque el número de caballos había aumentado de manera tal que se necesitaba mayor cantidad de forraje que la que podía conseguirse en marzo[16]. Por lo tanto, la reforma militar debió de haberse concretado entre la batalla de Poitiers, fechada por él en el 732, y el año 755.

Brunner concentró luego su atención en las enormes y despiadadas confiscaciones de tierras de la Iglesia que dispuso Carlos Martel. Hay buenas pruebas de que el gran mayordomo de palacio se apoderó de estas tierras y las distribuyó entre personas que estaban a su servicio directo con el fin de robustecer sus fuerzas armadas. En el año 743 su hijo Carlomán se disculpó por retener estas posesiones secularizadas "propter imminentia bella et persecutiones ceterarum gentium quae in circuitu nostro sunt... in adiutorium exercitus nostri"[17], en tanto que el papa Zacarías aceptaba la deplorable situación "pro eo quod nunc tribulatio accidit Saracinorum, Saxonum vel Fresonum"[18]. Por lo tanto, la decisión de Martel de destinar a fines militares una parte considerable de las cuantiosas riquezas de la Iglesia corresponde a la misma época en que el ejército franco desplazaba su centro de interés de la infantería a la caballería.

---

[14] "Francis pedetemptin, certare inusitatum est" (*MGH*, *Scriptores*, I, 407). La importancia de este pasaje no es subestimada por E. von Frauenholz, *Das Heerwesen der germanischen Frühzeit, des Frankenreiches und des ritterlichen Zeitalters* (Munich, 1935), 65. Véase también la observación de Eginardo, que escribía antes del 836, sobre la afición de Carlomagno a las cabalgatas y a la caza: "Vix ulla in terris natio invenitur quae in hac arte Francis possit aequari" [*Vita Caroli magni*, c. 22, ed. L. Halphen (París, 1923), 68].

[15] *MGH*, *Scriptores*, I, 140.

[16] Ver pág. 154.

[17] *MGH*, *Capitularia*, I, 28, c. 2.

[18] *MGH*, *Epistolae*, III, nº 324; E. Lesnae, *Histoire de la propriété ecclésiastique en France*, II, 1: *Les Etapes de la sécularisation des biens d'église du VIII^e au X^e siècle* (billa, 1922), 7-9, apoya la tesis de Brunner.

No nos ha quedado ningún documento que vincule explícitamente esos dos hechos[19], pero en vista de los enormes gastos que significaba el mantener caballos de guerra, Brunner dedujo que realmente había existido tal vinculación. Martel se vio de pronto obligado, de una manera apremiante y compulsiva, a aumentar la caballería de que podía disponer. En la economía agrícola de la Galia del siglo VIII, en la que el suelo constituía la forma más importante de riqueza rentable y en la que se aplicaba un sistema rudimentario de recaudación de impuestos, sólo mediante la cesión (*endowment*) de tierras era posible mantener numerosas huestes de guerreros montados. Allí estaban a mano para tal fin las posesiones de la Iglesia[20]; se apoderó de esas tierras y las entregó a una gran cantidad de sus partidarios con la condición de que le prestasen servicio a caballo. Dejar de cumplir esta obligación militar significaba la pérdida de la cesión, que había sido hecha con esa condición. A la antigua costumbre de jurar lealtad a un jefe (vasallaje) se asoció la concesión de una propiedad (beneficio), y en esa práctica tuvo origen el feudalismo. Desde luego, elementos protofeudales y señoriales habían ya saturado las muy fluidas sociedades celta, germánica, romana tardía y merovingia; pero esa necesidad de una caballería que experimentaron los primeros carolingios fue lo que precipitó e hizo cristalizar aquellas anticipaciones, dando forma al feudalismo medieval.

Brunner, por último, trató de descubrir qué tipo de necesidad militar determinó tan repentinas y drásticas medidas por parte de Carlos Martel. Los enemigos septentrionales del reino franco no empleaban mayormente la caballería; las campañas contra los ávaros fueron emprendidas en época demasiado temprana o demasiado tardía corno para explicar la reforma. La invasión musulmana, en cambio, parecía aportar la prueba[21]. Brunner creyó que las hordas sarracenas habían venido a caballo. Si bien sus cargas se habían estrellado en Poitiers

---

[19] Brunner podría haber citado un pasaje de la *Capitulare missorum*, probablemente del 792 o 786 (*MGH*, Cap. 1, 67), cuyo texto se halla muy corrompido. Carlomagno ordena que le presten juramento de fidelidad muchos personajes de segundo orden: "qui honorati beneficia et ministeria tenent vel in bassalatico honorati sunt cum domini sui et caballos, arma et scuto et lancea, spata et senespasio habere possunt". Esto parecería significar que esos hombres habían sido beneficiados con feudos a fin de que pudieran equiparse para prestar servicio como caballeros; véase Stephenson, op. cit., 804; C. E. Odegaard, "Carolingian oaths of fidelity", *Speculum*, XVI (1941), 284.

[20] E. Lesne, *La Propriété ecclésiastique en France aux époques romaine et mérovingienne* (París, 1910), 224, estima que la Iglesia poseía un tercio de las tierras cultivables de la Galia.

[21] Este muy débil eslabón en la cadena de hipótesis de Brunner fue sugerido por M. Jähns, *Ross und Reiter* (Leipzig, 1872), II, 40.

contra la rígida línea que formaba la muralla de escudos de los infantes francos, Martel no pudo perseguir rápidamente a los vencidos con su infantería de desplazamiento lento. Por consiguiente, resolvió crear una eficaz fuerza montada, que habría de ser financiada mediante la confiscación de bienes eclesiásticos. Así, concluía Brunner, la crisis que generó el feudalismo, el acontecimiento que explica su casi explosivo desarrollo[22] a mediados del siglo VIII, fue la invasión árabe.

Esta síntesis de Brunner ha sido el punto focal de todas las discusiones posteriores acerca de los orígenes del feudalismo europeo. Y ha resistido notablemente los ataques lanzados desde todas direcciones.

El principal de esos ataques provino de los historiadores militares, los cuales niegan que el segundo cuarto del siglo VIII haya presenciado algún cambio decisivo en los métodos de combate. Sin embargo, según lo ha destacado un erudito inglés, sus argumentos "son no poco desconcertantes, y hasta cierto punto parecen destruirse mutuamente"[23]. Una de las partes sostiene que la transición de la infantería a la caballería empezó al desintegrarse la legión romana y fue un proceso de siglos que únicamente se completé en la época de Carlomagno[24]. El bando contrario insiste en que los ejércitos de Carlomagno estaban integrados mucho menos por caballería que por infantería reclutada entre los francos libres[25].

Esta última opinión tal vez sea acertada en cuanto a las cantidades: en realidad, los infantes nunca quedaron eliminados de los ejércitos medievales. Por el contrario, cuando se adoptó el combate con carga de caballería, aquéllos siguieron siendo imprescindibles, sobre todo como arqueros[26]. Pero no se ha aducido prueba alguna que eche por tierra la conclusión de Brunner de que en época de los primeros carolingios la fuerza de choque del ejército franco no tardó en componerse cada vez más de caballeros feudales montados. Como lo revelan las ordenanzas de Aquisgrán del año 807[27], el ejército de Carlomagno constaba en teoría de dos partes: primero, los poseedores de beneficios y sus

---

[22] Véase pág. 155.

[23] H. A. Cronne, "The origins of feudalism", *History*, XXIV (1939), 257.

[24] Véase pág. 155.

[25] Véase pág. 155.

[26] *Infra*, pág. 165, nota 170.

[27] *MGH*, Cap. I, 134.

mesnadas; segundo, los que prestaban servicio como hombres libres, no en razón de la tenencia. Los edictos de Carlomagno mencionan con frecuencia el servicio militar a que estaban obligados todos los hombres libres, la mayoría de los cuales, por razones económicas, debían combatir a pie. Pero no sabemos en qué medida esas levas se efectuaban realmente con el fin de prestar servicio personal en el ejército; resulta claro, en cambio, que Carlomagno hizo todo lo posible para reunir una caballería extraída incluso de esta clase de propietarios más pobres, organizándolos en grupos proporcionales a la importancia de sus posesiones; cada uno de esos grupos compartiría los gastos que significaba enviar al frente un soldado a caballo[28]. Puesto que el *jus* normalmente se retrasa con respecto al *factum*, no cabría esperar que el cambio que significó en la época de Martel dar más importancia a la caballería que a la infantería se haya reflejado en alguna renuncia formal por parte de su nieto al derecho de exigir la prestación de servicio militar, derecho basado en un precedente de siglos y que presumiblemente podía ser útil en alguna ocasión. Sin embargo, en lo que toca a la práctica de Carlomagno, acaso sea sugestivo el hecho de que la única de sus órdenes de convocatoria militar que se conserva, o sea la impartida a un magnate de su reino, el abad Fulrad de Vermandois y Lobbes, entre el 804 y el 811, habla detalladamente de jinetes, pero no indica que esperase del abad el aporte de infantes para la guerra[29].

Mucho más peligrosa para las teorías de Brunner es la insistencia, antes mencionada, en que la era de la caballería no empezó en el siglo VIII sino en el IV, o aun antes. La batalla de Adrianópolis (año 378), en la que la caballería germánica determinó decisivamente la derrota de los legionarios romanos, ha sido considerada a menudo como el punto de viraje de la historia militar entre la época antigua y la medieval. Según las palabras de Sir Charles Ornan: "El godo se dio cuenta de que su recia lanza y su buen caballo le permitirían atravesar las apretadas filas de la infantería imperial. Se había convertido en el árbitro de la guerra, antecesor directo de todos los caballeros de la Edad Media, iniciador de esa ascendencia de jinetes que habría de perdurar mil años."[30]

---

[28] *Infra*, pág. 46, nota 172.

[29] *MGH*, Cap. I, 168.

[30] *Op. cit.*, I, 14.

Un análisis cuidadoso de los acontecimientos desarrollados en Adrianópolis no confirma tal generalización[31]. Al parecer, ninguna parte considerable del ejército visigodo iba a caballo; si bien se sabía que el ejército romano estaba cerca, la caballería bárbara se había alejado en busca de forraje cuando las fuerzas imperiales avanzaron para atacar la fortaleza germana de carretas; más aún, los romanos formaron su línea de batalla sin preocuparse en absoluto de la posibilidad de que la caballería enemiga pudiese regresar para tomar parte en la refriega. Sólo cabe deducir que ni el emperador Valente ni Fritigerno, el jefe godo, consideraban a la caballería corno un elemento importante dentro del ejército bárbaro. Valente alineó su infantería en el centro, con caballería en ambos flancos. El flanco derecho tenía que haber iniciado el ataque, pero la infantería, excitada por su marcha de más de doce kilómetros en medio del calor de agosto, abrió impetuosamente el combate, desbaratando con ello los planes tácticos de Valente. En ese preciso momento los jinetes godos, llamados por Fritigerno, aparecieron sin previo aviso y se abalanzaron sobre el flanco derecho romano desde el costado, o aun quizá desde la retaguardia, sembrando terrible confusión. Luego una parte de la caballería germana hizo un giro alrededor de la retaguardia romana para atacar el ala izquierda imperial, y el proceso se repitió, mientras una horda de infantes surgió de en medio del círculo de carretas disparando flechas y lanzando jabalinas, como lo hacían también los jinetes, contra el grueso de los legionarios. Evidentemente, la catástrofe de Adrianópolis no demostró la superioridad de la caballería sobre la infantería. Los jinetes godos desbordaron a los romanos, ya confundidos por su propia indisciplina, no porque poseyeran una fuerza superior, sino más bien porque lanzaron un sorpresivo ataque que equivalía casi a una emboscada.

La utilización de la caballería en los primeros siglos del cristianismo requiere una investigación mucho más atenta que las emprendidas hasta ahora. En esa época dos innovaciones contribuyeron de algún modo a una mayor efectividad del guerrero montado. La más importante fue la silla de montar, que llegó a Occidente en el siglo I de nuestra era[32] como una innovación introducida por los bárbaros y que paulatinamente

[31] W. Judeich, "Die Schlacht bei Adrianopel", *Deutsche Zeitschrift für Geschichitswissenschaft*, VI (1891), 1-21; F. Runkel, *Die Schlacht bei Adrianopel* (Rostock, 1903); G. Gundel, *Untersuchungen zur Taktik und Strategie der Germanen nach den antiken Quellen* (Marburgo, 1937), 89, rectifica la conclusión de Runkel (37, 41), de que la caballería visigoda atacó a los romanos por el flanco izquierdo y no por el derecho.

fue reemplazando a la antigua manta del caballo y a los cojines de montar. La silla, con su armazón rígido, si bien no aumentó la estabilidad lateral del jinete (condición para lanzarse a la carga en el combate), ayudó no obstante a impedir que éste cayese por la parte trasera de su caballo. La segunda, un nuevo tipo de cabalgadura, el caballo pesado, antepasado del *destrier* medieval y del caballo de tiro, apareció también en Occidente durante el siglo I de la era cristiana[33]. Este animal podía transportar a un soldado provisto de pesada armadura e inclusive llevar armadura propia.

Probablemente la silla y el caballo pesado habían estimulado entre los pueblos de Asia Central los primeros experimentos de nuevos métodos de guerra basados en el uso de la caballería. Excavaciones realizadas cerca del Mar de Aral han revelado que en el siglo VI antes de Cristo los masagetas tenían una caballería pesada, con armadura bastante maciza tanto para los caballos como para los jinetes; estos últimos normalmente portaban arcos y a veces lanzas largas[34]. Por pinturas[35] nos consta que estas lanzas eran sostenidas con ambas manos durante la carga, y es posible que Valerio Flaco[36] haya querido indicar que el impulso provenía tanto del hombre corno del animal. Si bien ninguna lanza sostenida con los extremos de los brazos podía asestar un golpe comparable al de una lanza apoyada contra la parte superior del brazo, sin embargo por diversas circunstancias la lanza empuñada con ambas manos significó un adelanto con respecto a la sostenida con una sola: prueba de ello son algunos dibujos de lanzas para dos manos, provistas

---

[32] *Supra*, pág. 17, nota 1, y W. Günther, "Sattel", *Reallexikon der Vorgeschichte*, XI (1928), 214 y lám. 56 c; F. M. Feldhaus, *Die Technik der Vorzeit* (Leipzig, 1914), 897; 0. Daremberg y E. Saglio, Dictionnaire des antiquités (París, 1908), s. v. *sella equestris*.

[33] Véase pág. 156.

[34] B. Rubin, "Die Entstehung der Kataphraktenreiterei im Lichte der chorezmischen Ausgrabungen", *Historia*, IV (1955), 264-83. Las conclusiones de s. P. Tolstov se hallan resumidas en R. Girshman, "La Chorasmie antique: essai de récherche historico-archéologique", *Artibus Asiae*, XVI (1953), 292-97.

[35] Por ej. en una tumba excavada en Kerch, del siglo I o II de nuestra era. Véase M. Rostovtzeff, *Iranians and Greeks in South Russia* (Oxford, 1922), lám. XXIX; *The Excavations at Dura-Europos*, ed. P.V.C. Baur, etc., 4ta. Estación (New Haven, 1933), láms. XVII; XX, 3; XXII, 2; cf. XXII, 1 y págs. 217-21. Sobre un testimonio correspondiente a Corea, véase A. D. H. Bivar, en *Oriental Art*, I (1955), 63 y también fig. 2.

[36] *Argonautica*, VI, 236-37; "fert abies obnixa genu vaditque virum vi, vadit equum"; ed. J. H. Mozley (Cambridge, Mass., 1934), 319. Para una mayor información sobre la lanza larga de los sármatas, véase R. Syme, "The Argonautica of Valerius Flaccus", *Classical Quarterly*, XXIII (1929), 129-37.

de flámulas[37]. Era raro que la lanza empuñada con una sola mano se clavase tan profundamente en el enemigo que luego resultara difícil extraer la hoja; en cambio, es posible que la lanza empuñada con las dos manos penetrase tanto en algunas ocasiones corno para dificultar su extracción, de suerte que el guerrero vencedor quedaba así desarmado, con peligro para su persona. La flámula, al igual que la cola de caballo que los mongoles ataban detrás de la hoja de las lanzas, era un recurso destinado a impedir la penetración demasiado profunda y a asegurar la recuperación del arma[38].

Pero quienes se imaginan que el *clibanarius* sármata fue el modelo del caballero medieval pasan por alto dos puntos esenciales, aparte por completo del impacto necesariamente más débil de la lanza empuñada con las dos manos comparado con el de la lanza apoyada. En primer lugar, la lanza empuñada con ambas manos obligaba al guerrero a dejar las riendas sobre el pescuezo de su caballo y a guiarlo únicamente con la voz y la presión de las rodillas en los momentos más críticos de la batalla. Esto debía ser sumamente peligroso, sobre todo si el caballo se encontraba herido. En contraste, el caballero medieval, con su lanza apoyada, sostenía las riendas con la mano izquierda durante la carga[39] y, mediante un recio y doloroso bocado de freno, ejercía el máximo control sobre su cabalgadura. En segundo lugar, la lanza empuñada con las dos manos no podía utilizarse en combinación con un escudo. Esto significaba que, si bien era muy eficaz contra infantes, una batalla entre dos grupos de caballería, armados ambos con lanzas empuñadas con las dos manos, habría equivalido a un suicidio general. Para el caballero de la Europa feudal, el escudo sobre el brazo izquierdo era tan importante como la lanza apoyada contra su brazo derecho. La combinación de uno y otro proporcionaba el equilibrio entre la postura ofensiva y la defensiva que era indispensable en el combate con carga de caballería y que no se encuentra en los experimentos de Asia Central con lanzas empuñadas con ambas manos[40].

---

[37] H. Appelgren-Kivalo, Alt-altaische Kunstdenkmäler (Helsinki, 1931), fig. 93.

[38] W. Shelesnow, "Rosschweife an Lanzen", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, II (1900-2), 233-34; véase *infra*, págs. 43-44.

[39] La etimología corriente de *destrier*, basada en la hipótesis de que con este tipo de caballo las riendas se sostenían con la mano derecha, no está respaldada por ningún testimonio contemporáneo.

Lo que ocurría en el corazón de Asia estimuló indudablemente la introducción, tanto en el imperio iranio como en el imperio romano de Oriente, de la pesada catafracta; pero, como lo señala la famosa descripción que hace Procopio de estos guerreros, se trataba fundamentalmente de arqueros con armaduras, provistos así mismo de espadas, escudos pequeños y a veces lanzas livianas que se empuñaban con una sola mano[41]. Sin embargo, hasta ahora ninguno de los críticos de Brunner ha aportado pruebas suficientes de algún incremento paralelo de la guerra de caballería en los reinos germanos de Occidente antes de mediados del siglo VIII. Los miembros del séquito y los guardias de corps de los reyes y de los altos jefes iban habitualmente a caballo, pero aun esta *élite*, según parece, utilizaba el caballo primordialmente como medio de movilidad y se apeaba para el combate[42].

Tanto énfasis han puesto los opositores de Brunner[43] en la importancia de la caballería en el reino visigodo, que para nosotros es una fortuna singular contar sobre esta cuestión, gracias a la pluma del eminente historiador español Claudio Sánchez Albornoz, con un estudio más detallado que los que se poseen sobre cualquier otro aspecto de aquella época. Este autor llega a la conclusión de que, si bien abundan las pruebas de una ininterrumpida tradición de caballería militar en España desde la época de los celtíberos en adelante, no hay fundamento alguno para creer que la caballería fuese el arma principal dé las huestes visigodas[44].

Así, pues, la hipótesis de Brunner ha sobrevivido a los ataques de los historiadores militares a propósito de la utilización de la caballería por los francos. Pero también los estudiosos de la historia de las insti-

---

[40] Un *graffito* del siglo VI o VII, procedente del valle del Yenisei inferior (*supra*, nota 37), muestra a un clibanarius, sin estribos, que lleva una lanza empuñada con ambas manos: desde el mango de la lanza sale una cuerda que remata en una pieza transversal y que pasa por los dedos del jinete, dándole así la posibilidad de recuperar la lanza en caso de que ésta cayese al suelo. Semejante dispositivo confirma los inconvenientes de la lanza sostenida con ambas manos en el combate a la carga. En este *graffito* se ve sobre el pecho del jinete algo que parece un pequeño escudo circular, en lugar del peto; al parecer, ese escudo no cuelga del cuello.

[41] *De bello Persico*, I, 1; ed. y trad. H. B. Dewing (Londres, 1914), I, 6-8.

[42] Véase pág. 156.

[43] Delbrück, op. cit., II, 423; F. Kauffmann, *Deutsche Altertumskunde* (Munich, 1923), II, 336; Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 15-18; E. Mayer, op. cit., 46; Dopsch, op. cit., II, 297.

[44] "La caballería visigoda", en *Wirtschaft und Kultur: Festschrift A. Dopsch* (Baden [Austria], 1938), 106-8; En torno a los orígenes del feudalismo (Mendoza, 1942), III, 100-1.

tuciones trataron de refutar sus argumentos, sobre todo en los primeros años de la década de 1930, insistiendo en que la asociación de beneficio y vasallaje se remonta mucho más allá del siglo VIII, que la costumbre de exigir servicio militar a cambio del usufructo de tierras no fue innovación del siglo VIII y que, por consiguiente, la secularización de tierras eclesiásticas por Carlos Martel no desempeñó un papel decisivo en la institución del feudalismo[45]. Sin embargo, el consenso favorable a Brunner ha terminado por alcanzar raras proporciones en el mundo de los eruditos[46]. Como observó Carl Stephenson: "Que el beneficio militar fuese o no innovación del siglo VIII es asunto de importancia secundaria. Nuestro principal interés se centra más bien en la vasta difusión de la tenencia feudal que se registró en el período siguiente"[47]. El mismo Sánchez Albornoz, que en sus estudios de la España visigoda se acercó más que nadie a demostrar la existencia de algo parecido a las relaciones feudales antes de la era carolingia, se cuida de llamarlas protofeudales y de insistir en que el verdadero desarrollo de esas instituciones tuvo lugar en el reino franco durante el siglo VIII[48].

Tampoco han tenido éxito los esfuerzos tendientes a demostrar[49] que la cantidad de tierras eclesiásticas confiscadas y distribuidas a vasallos por los primeros carolingios fue relativamente reducida. Lesne[50] considera que esa cantidad fue muy grande; y, a decir verdad, Brunner se quedó tal vez demasiado corto cuando aseguró que las secularizaciones fueron

---

[45] Dopsch, *Grundlagen*, 2ª ed., II, 293-343; "Beneficialwesen und Feudalität", *Mitteilungen des Osterreichischen Instituts für Geschichtsforschung*, XLVI (1932), 1-36; "Wirtschaft und Gesellschaft im frühen Mittelalter", *Tijdschrift voor rechtsgeschiedenis*, XI (1932), 387-90; F. Lot, *Destinées de l'empire*, 665; "Origune et nature du bénéfice", *Anuario de historia del derecho español*, I, X (1933), 175-85.

[46] El precursor de la opinión actual fue H. Voltelini, "Prekarie und beneficium", *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*, XVI (1923), 293-305. En cuanto a investigaciones posteriores, véase sobre todo F. L. Ganshof, "Note sur les origines de l'union du bénéfice avec la vasalité", *Etudes d'histoire dediées à la mémoire de Henri Pirenne* (Bruselas, 1937), 173-89; *Qu'est-ce que la féodalité?*, 2ª ed. (Neuchátel, 1947), 30-34; "L'Origine des rapports féodo-vassaliques", en *I problemi della civiltá carolingia: Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, I (Spoleto, 1954), 27-53.

[47] Op. cit., 807; cf. Cronne, op. cit., 259.

[48] *En torno a los orígenes del feudalismo*, III, 288-9; *El "stipendium" hispano-godo y los orígenes del beneficio pre feudal* (Buenos Aires, 1947), 142-6; España y el feudalismo carolingio", en *I problemi della civilta carolingia* (Spoleto, 1954), 110-45.

[49] Meyer, op. cit., 66.

[50] *Sécularisations*, 29, 32.

menos severas en Neustria que en Austria[51]: a lo largo de todo el imperio de Carlomagno se encuentran grandes cantidades de vasallos[52]. Alrededor del año 745 los monasterios y los obispados recibían un *census* como compensación parcial por las propiedades perdidas[53]. Para llevar a cabo su gran reforma militar, los primeros carolingios necesitaban vastas extensiones de tierras. Las confiscaciones que realizaron fueron tan radicales que significaron la redistribución de una parte considerable de la riqueza de su reino.

Llegamos así una vez más al problema crucial en el estudio de los orígenes del feudalismo: ¿Por qué Carlos Martel y sus sucesores inmediatos desafiaron las iras de la Iglesia al confiscar propiedades eclesiásticas para cederlas a su caballería? ¿Qué circunstancia militar los impulsó a subestimar el peligro de la censura eclesiástica, los dictados de la moral convencional?

Brunner halló la respuesta en la invasión de los sarracenos. Alegaba que Martel se dio cuenta de que, a pesar de la victoria de Poitiers, los francos necesitarían una caballería suficiente como para rechazar a los musulmanes que combatían permanentemente a caballo.

¿Pero fue en realidad la batalla de Poitiers una crisis tan grande? ¿Consideraban los contemporáneos que los musulmanes eran el principal peligro que amenazaba al reino franco? Se sospecha que nuestra actual apreciación común no se basa tanto en los documentos como en la retórica con que Gibbon presentó a la imaginación horrorizada de los agnósticos del siglo XVIII el espectáculo de un Oxford absorto en la cuidadosa lectura del Corán y de una Europa habituada a la circuncisión, si el martillo de Carlos* no hubiera golpeado con tanta contundencia[54]. Martel no concentró su atención en el Islam hasta después de haber consolidado su reino[55]. La única fuente contempo-

---

[51] *Deutsche Rechtsgeschichte*, 2ª ed. por Schwerin, 336, n. 29.

[52] F. L. Ganshof, "Benefice and vassalage in the age of Charlemagne", *Cambridge Historical Journal*, VI (1938), 170.

[53] Mitteis, *Lehnrecht*, 117, n. 27; *MGH, Epp.* III, 324; cf. *infra*, pág. 45, n. 166.

* Juego de palabras. Martel, en francés, significa "martillo". (T.)

[54] *The History of the Decline and Fall of the Roman Empire*, cap. 52 (Londres, 1788).

[55] C. H. Becker, *Islamstudien* (Leipzig, 1924), 123-6; cf. G. Lokys, *Die Kämpfe der Araber mit den Karolingern* (Heidelberg, 1906), 6. Se ha admitido desde hace mucho tiempo que las contiendas internas de la España musulmana influyeron más que las campañas de Martel en la retirada de los sarracenos allende los Pirineos; cf. E. Mercier, "La Bataille de Poitiers et les vraies causes du recul de l'invasion arabe", *Revue historique*, VII (1878), 1-13.

ránea que vincula sus reformas militares con las incursiones musulmanas es la ya mencionada carta del papa Zacarías[56], que se refiere a la "tribulatio Saracinorum, Saxonum vel Fresonum". Las opiniones de la posteridad inmediata acerca de la respectiva importancia de esos tres enemigos se reflejan en el hecho de que, durante el reinado de Ludovico Pío, al ser decoradas las paredes del palacio de Ingelheim con murales recordativos de las acciones de grandes gobernantes, a Carlos Martel no se lo representó como el vencedor de Poitiers, sino más bien como el conquistador de los frisios[57]. De hecho, en los años que siguieron inmediatamente a la derrota de los musulmanes, Martel no se empeñó mayormente en consolidar su victoria. Esto indicaría que la invasión islámica no fue motivo suficiente para la reorganización de la sociedad franca en procura de una caballería.

Brunner, por lo demás, creía que la batalla de Poitiers había sido librada en el año 732; hasta 1955 no nos habíamos enterado de que la fecha exacta fue 733[58]. Pero las primeras confiscaciones de propiedades eclesiásticas para su distribución a los vasallos se produjeron en realidad en el 732, año en que Carlos Martel se apoderó de las tierras del obispo de Orleáns y de otros, para que "honores eorum quosdam propriis usibus annecteret, quosdam vero suis satellitibus cumularet"[59]. Por lo tanto, Poitiers no pudo haber inspirado la política de confiscaciones adoptada por Carlos para mejorar su caballería. Sus reformas militares habían empezado un año antes, aunque sin duda todavía no habían modificado sensiblemente la estructura de las fuerzas francas cuando aquél hizo frente a los invasores musulmanes.

Por último, ¿acertó Brunner al suponer que los sarracenos de España hahían combatido en Poitiers principalmente a caballo? La verdad es que a principios del siglo IX los francos los consideraban "Mauri celeres... gens equo fidens"[60]. Pero una vez más en esto las profundas investigaciones de Sánchez Albornoz en las fuentes árabes han esclarecido el caso. Este autor ha demostrado que aun veinte años después de la muerte de Carlos Martel los musulmanes de España no

---

[56] *Supra*, pág. 20, nota 18.

[57] Ermoldus Nigellus, *In honorem Hludovici*, IV, 1. 275; *MGH, Scriptores*, II, 506.

[58] *Supra*, pág. 19, nota 12.

[59] *Vita S. Eucherii episcopi Aurelianensis*, en *Acta sanctorum*, Feb. III (Amberes, 1658), 218.

[60] Ermoldus, op. cit., 1, 1. 147; *MGH, Scriptores*, II, 469

utilizaban la caballería sino en escaso número; sólo en la segunda mitad del siglo VIII desplazarían también ellos el peso de sus ejércitos trasladándolo de los combatientes a pie a los de a caballo[61]. ¿No pudo ocurrir que hayan sido los hijos del Profeta los que imitaron a los francos, y no al revés? De todos modos, ahora nos consta claramente que el peligro musulmán no determinó la reforma militar de Carlos Martel y con ello el establecimiento del feudalismo en Europa.

Una sola explicación alternativa de la confiscación y distribución de las tierras eclesiásticas ha sido objeto de amplia discusión. Roloff[62] insinúa que el gran *Major palatii*, a su vez bastardo y usurpador, trató de fortalecer su situación política mediante una generosidad capaz de atraer a sus mesnadas a la mayor parte de los magnates del reino. Pero Mangoldt-Gaudlitz[63] objeta convincentemente: primero, que semejante acción drástica, aun cuando indudablemente hubiera consolidado el grupo de partidarios seglares de Carlos, habría implicado así mismo el riesgo de atraerse la peligrosa enemistad de la Iglesia, única autoridad que podía consentir -y que más tarde así lo hizo- en legitimar el gobierno de su dinastía; segundo, que Martel, guerrero experimentado -Isidoro Pacense lo llama "ab ineunte aetate belligerum et rei militaris expertum"-[64], probablemente obraría más bajo el impulso de consideraciones militares que políticas; y, en tercer lugar, que la situación política de Carlomán y Pipino, hijos de Martel, era tan firme que sus nuevas e inmensas confiscaciones de propiedades eclesiásticas pueden explicarse mejor sobre la base de razones militares. Pero si, en desacuerdo con Mangoldt-Gaudlitz, no podemos aceptar la hipótesis de la invasión musulmana que propone Brunner, ¿qué hecho o crisis militar en la década del 730 alcanza a justificar acontecimientos de tanta trascendencia?

---

[61] "Los árabes y los orígenes del feudalismo", *Anuario de historia del derecho español*, X (1933), 517-18; "Les Arabes et les origines de la féodalité", *Revue historique de droit français et étranger*, XII (1933), 219-20; *En torno a los orígenes del feudalismo*, III: *La caballería musulmana y la caballería franca del siglo VIII* (Mendoza, 1942), 253 y ss. Según el testimonio muy tardío de al-Maḳḳarī (muerto en el 1632), el primer califa omeya de España (muerto en el 788) tenía a su servicio un jefe de palafreneros con el titulo de Maestro del Estribo. *sāhib al-rikāb*; cf. *Encycl. Islam*, III, 1160.

[62] Op. cit., 398.

[63] Op. cit., 29.

[64] *Infra*, p. 154

Toda la magnífica estructura de las hipótesis de Brunner se mantiene en pie, salvo su piedra angular. En los reinados de Martel, Carlomán y Pipino nos enfrentamos con un drama extraordinario que carece de motivación. Una repentina y apremiante exigencia de caballería llevó a los primeros carolingios a reorganizar su reino dentro de lineamientos feudales a fin de que estuviese en condiciones de sostener guerreros de a caballo en mucho mayor número que hasta ese momento. No obstante, se nos escapa cuál haya podido ser el carácter de la exigencia militar que determinó esta revolución social.

La solución del enigma no ha de buscarse en los documentos, sino en la arqueología. La ofreció por vez primera en 1923, al final de una digresiva nota al pie, un experto en antigüedades germánicas. Hablando de las fisuras sociales que se produjeron cuando el nuevo y costoso método de combate a caballo determinó el surgimiento de una aristocracia especializada de guerreros a caballo, Friedrich Kaufmann hizo notar, casi como una ocurrencia de último momento: "La nueva era se halla prenunciada en el siglo VIII por el hallazgo de estribos en las excavaciones"[65].

2
Origen y difusión del estribo

La conjetura a priori sobre el origen del estribo ha sido llevada hasta el absurdo por von Le Coq[66], el cual aduce que pudo haber sido inventado por una raza de jinetes (por ej. los turcomanos), o bien por un pueblo agrícola sedentario (por ej. los chinos) obligado de pronto a aprender a cabalgar para poder protegerse de las incursiones nómadas Evidentemente, nada ha de ganarse con excursiones imaginativas.

Las puertas asirias de bronce, actualmente en el Museo Británico, en las que se representa una expedición de Salmanasar III llevada a cabo en el 853 a.C., nos muestran al rey a caballo con los pies apoyados sobre algo a modo de largos estribos chatos suspendidos del baste[67]. Estas

---

[65] Véase p. 157.

[66] A. von Le Coq, *Bilderatlas zur Kunst- und Kulturgeschichte Mittelasiens* (Berlín, 1925), 22.

[67] L. W. King, Bronze *Reliefs from the Cates of Shalamanaser, King of Assyria* (Londres, 1915), lám. LVIII; A. D. H. Bivar, "The stirrup and its origins", *Oriental Art*, nueva serie, I (1955), 63, fig. 3; en cuanto a la fecha, A. T. Olmstead, *History of Assyria* (Nueva York, 1923), 116; cf. E. Unger, "Steigbügel (Vorderasien)", en *Reallexikon der Vorgeschichte*, ed. M. Ebert, XII (1928), 392.

son muestras enteramente aisladas que no señalan los comienzos del estribo propiamente dicho.

En realidad, los estribos fueron desconocidos no sólo en el antiguo Cercano Oriente, sino también entre los griegos y romanos. La literatura guarda silencio sobre ellos; no aparecen en ninguna de las innumerables representaciones antiguas de jinetes[68]; y los objetos presentados por los arqueólogos como estribos clásicos son de dudosa identificación o de cuestionable procedencia[69]. Hacia fines del siglo IV, Vegecio, el último autor clásico que nos ha legado un comentario sobre caballos de montar, no habla para nada de estribos[70].

La idea rudimentaria del estribo apareció en la India a fines del siglo II antes de Cristo, tal como se ve en ciertas esculturas de Sanchi Pathaora, Bhaja y Mathura: una floja sobrecincha por detrás de la cual introducía los pies el jinete, y más tarde un estribo diminuto para el dedo gordo únicamente[71]. El hecho de que el estribo para el dedo gordo no pudiera ser utilizado pon jinetes calzados impidió su difusión en los lugares septentrionales de climas más fríos. Una gema kushana grabada, que hoy se encuentra en el Museo Británico y que puede fecharse más o menos en el año 100 de nuestra era, nos muestra a un jinete con botas, cuyos pies se apoyan en los que parecerían ser unos ganchos rígidos suspendidos de la silla (fig. 1)[72]. Como esos ganchos podían fácilmente arrastrar a un jinete caído, cuesta suponer que el experimento haya dado resultados satisfactorios; pero revela los es-

---

[68] Véase pág. 157.

[69] E. Espérandieu, "Note sur un étrier gallo-romain", *Pro Alesia*, I (1906), 17-18; H. Jacohi, "Hatten die mimer Steigbügel?" *Germania*, VI (1922), 88-93. E. E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire du mobilier français*, v. 413, menciona dos estribos romanos que se conservan en el Museo de Nápoles; en cambio A. Schlieben, "Geschichte der Steigbügel", Annalen des Vereins für *Nassauioche Altertumskunde und Geschichtsforschung*, XXIV (1892), 187, aseguraba que el Museo de Nápoles no contiene ningún objeto de ese tipo.

[70] *De re militari*, I, c. 18.

[71] Véase pág. 157.

[72] Museo Británico, nº 1919, 7-9, 02. Debo agradecer a la señora de James Caldwell, del Mills College, y al doctor Douglas Barrett, conservador ayudante del Museo Británico de Antigüedades Orientales, por haberme facilitado las fotografía; y al doctor John Rosenfield, de la Universidad de Harvard, por haber confirmado la fecha fijada por el doctor Barrett. Lefebvre des Noëttes, op. cit., fig. 263, y A. L. Basham, *The Wonder that was India* (Londres, 1954), 374, fig. XXIII, muestran un vaso de cobre procedente de Kulũ, en las fronteras de Cachemira, que data presuntamente del siglo I o II de nuestra era y en el que se halla representada una sobrecincha floja que sostiene los pies del jinete. El doctor Barrett me ha comunicado en una carta que no está enteramente convencido de la autenticidad de este vaso, que se conserva en el Museo Británico.

fuerzos de pueblos del Norte de Pakistán y de Afganistán por adaptar a sus necesidades el estribo para el dedo gordo.

Presumiblemente el estribo de pie es un invento chino. Aparece en China a raíz de la gran ola de actividad misionera budista que se esparció por todo Afganistán y Turquestán hasta el Reino Medio, acarreando consigo numerosos elementos de la cultura india[73]. Se lo conoció en Hunan durante las primeras décadas del siglo V a más tardar, y la primera mención del estribo en la literatura china, que se remonta al año 477 d.C., revela que por esa fecha era ya de uso corriente[74]. Se conservan representaciones chinas de estribos correspondientes a los años 523[75], 529[76], 551[77], 554[78], 636[79] y 683[80], al paso que otras cuyas fechas no pueden establecerse con tanta exactitud quizá deban asignarse al mismo período[81]. Desde China el uso del estribo se extendió a Corea en el siglo V[82] y a Japón, donde era conocido a mediados del siglo VI o aun antes[83].

---

[73] Cf. Hu Shih, "Tbe Indianization of China: a case study in cultural borrowing", *Independence, Convergence and Borrowing* (Cambridge, Mass., 1937), 219-47.

[74] Véase pág. 158.

[75] Estela que se conserva en el Museo Real de Ontario, Toronto.

[76] Estela que se conserva en el Museo de Bellas Artes de Boston; cf. O. Sirén, *Chinese Sculpture from the Fifth to the Fourteenth Centuries* (Nueva York, 1925), láms. 109-11. En 1939 examiné los estribos representados en una estela similar de la misma fecha, perteneciente a la colección de C. T. Loo que se exhibía entonces en San Francisco.

[77] Estela que se conserva en el Instituto de Arte de Chicago; cf. C. F. Kelley, *A Chinese Buddhist Stele of the Wei Dynasty* (Chicago, 1927), lám. 6.

[78] Museo de Boston; cf. Sirén, op. cit., lám. 172; E. Chavannes, *Six monuments de la sculpture chinoise* (Bruselas, 1914), lám. XL; L. Ashton, *Introduction to the Study of Chinese Sculpture* (Londres, 1924), lám. 56.

[79] Museo de la Universidad de Pennsylvania; cf. E. Chavannes, *Mission archéologiqne dans la Chine septentrionale* (París, 1913), láms. 288-289; Sirén, op. oit., láms. 426-7b, e *History of Early Chinese Art: Sculpture* (Londres, 1930), lám. 93; Ashton, op. cit., lám. 47; H. E. Fernald, "The horses of T'ang T'ai Tsung and the stele of Yu", *Journal of the American Oriental Society*, LV (1935), 420-8. 0. Maenchen-Helfen, "Crenelated mane and scabbard sude", *Central Asiatic Journal*, III (1957), 120, cree que estos arreos son turcos por su forma.

[80] Chavannes, *Mission*, lám. 294; Sirén, *Chinese Sculpture*, lám. 430 y *Early Chinese Art*, lám. 94b.

[81] Cf. *Pantheon*, III (1929), 85; Laufer, *Chinese Clay Figures* (Chicago, 1914), láms. 71-72; 0. Hentze, *Chinese Tornb Figures* (Londres, 1928), láms. 78-80, 84-85; London Times, 27 de marzo, 1947, pág. 6.

[82] S. Umehara, "Deux grandes découvertes archéologiques en Corée", *Revue des arts asiatiques*, III (1926), 33 y lám. XVII; A. Eckhardt, *History of Korean Art* (Londres, 1929), figs. 253, 361; H. Ikéuchi y S. Umehara, en *T'ung-kou*, II, (1940), láms. IX, X, XIII y p. 9; J. Werner, "Beiträge zur Archäologie des AttilaReiches", *Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Kl.*, XXXVIII (1956), lám. 67. I.

Los esfuerzos de Rostovtzeff[84] y Arendt[85] por equipar con estribos a los antiguos sármatas o escitas carecen de fundamento. No obstante, como sabemos que en el siglo y de nuestra era la idea del estribo se había propagado desde la India hasta China a través del Paso Khyher a lo largo de la antigua ruta comercial de la seda, cabría supones que algunos pueblos de Asia Central hubiesen comenzado a utilizarlo. Recientemente el arqueólogo ruso S. V. Kiselev ha ubicado en el siglo VI ciertos estribos encontrados en tumbas turcas del Altai[86].

Sin embargo, la datación de los túmulos nómadas es una cuestión increíblemente delicada. Es posible que tumbas situadas una al lado de otra hayan sido cavadas con una diferencia de siglos, y las pruebas extraídas de una de ellas no pueden usarse para establecer la fecha de su vecina. En épocas de crisis una tumba antigua recibió ocasionalmente un segundo ocupante, para mayor confusión de los arqueólogos. Y la inhumación, junto con el muerto, de reliquias familiares acaso atesoradas durante varias generaciones, complica los esfuerzos tendientes a fechar por medio de monedas u objetos de arte cualquier tumba que no sea la de un rico. El cauteloso Teploujov, tras diez años de intensa labor en la estratificación de la cultura de la cuenca del Minusinsk, no pudo encontrar allí, a diferencia de Kiselev, estribos

---

[83] W. G. Ashton, "Nihongi: Chronicles of Japan from the earliest times to A. D. 697", *Transactions and Proceedings of the Japan Society*, Londres, suplem. I (1896), 357; E. Baelz, "Zur Vor- und Urgeschichte japans", *Zeitschrift für Ethnologie*, XXXIX (1907), 308, fig. 15; N. Tsuda, *Handbook of Japanese Art*, 2ª ed. (Tokio, 1936), 15, 17, fig. 12; A. Münsterberg, *Japanische Kunstgeschichte* (Brunswick, 1904), II, fig. 118, nº 1. Los más antiguos estribos que se conservan y a los que puede asignarse una fecha exacta (año 752 d. C.) se encuentran en el Shôsôin, en Nara; cf. J. Harada, *English Catalogue of Treasures in the Imperial Repository Shōsōin* (Tokio, 1932), nº 349-52 y lám. XLV.

[84] N. Vesselovsky le aseguró verbalmente a Rostovtzeff que había encontrado estribos al excavar tumbas sármatas en la región de Kuban, pero Rostovtzeff no vio esos descubrimientos, ni tampoco se los dio nunca a publicidad, no obstante su obvio interés; cf. M. Rostovtzeff, *Iranians and Greeks in South Russia* (Oxford, 1922), 130; *The Animal Style in South Russja and China* (Princeton, 1929), 107, n. 2; *Skythien und der Bosphorus* (Berlín, 1931), I .558, n. 1; cf. M. Ebert, en *Reallexikon der Vorgeschichte*, XIII (1928), 110, y P. Pelliot, en *T'oung pao*, XXIV (1926), 262, n. 2.

[85] Véase pág. 158.

[86] Sus conclusiones se hallan resumidas en R. Ghirshman, *Artibus Asiae*, XIV (1951), 184, y en A. D. H. Bivar, op. cit., 65. Durante el proceso de impresión de este libro, el doctor O.Maenchen-Helf en de la Universidad de California (Berkeley) me informa que L. E. Kyzlasov, en *Tashtykskaya epoia* (Moscú, 1960), 140, fig. 51, 9-10, anuncia haber sido descubiertos en Siberia estribos de hierro en miniatura que tal vez sean escasamente posteriores al siglo III de nuestra era; algunos de ellos, inclusive, parecen remontarse al siglo I o II. Puesto que en las mismas culturas se han encontrado otros objetos en miniatura, no se trata probablemente de estribos para el dedo gordo, que por otra parte no habrían resultado de utilidad en un clima semejante.

anteriores al siglo VII[87]. Los numerosos estribos de Saltovo, en Ucrania, no se remontan más allá del siglo VIII[88], y los encontrados en Laida, cerca de Tambov[89], y en Pereslav[90], son más o menos de la misma época. La más antigua representación gráfica de un estribo en Asia Central, raspada en una roca del Altai, no aporta un testimonio definitivo, ya que probablemente no es anterior al año 400 ni posterior al 700 de nuestra era[91].

En nuestra opinión sobre la ubicación cronológica del uso de estribos por parte de los jinetes nómadas puede influir el hecho de que Irán, a pesar de todas sus vinculaciones con el Asia Central, no conoció el estribo hasta fines del siglo VII. Esta ausencia es tanto más curiosa por cuanto en los siglos III y IV los sasánidas conquistaron y dominaron considerables extensiones de lo que es hoy Afganistán y Pakistán[92], que presumiblemente contaban entonces con algún tipo de estribo de gancho. Pero las abundantes y detalladas representaciones sasánidas de arneses no muestran ni un solo par de estribos: actualmente se considera que el famoso jinete con estribos que aparece en un plato de plata conservado en el Museo Hermitage proviene de épocas posteriores a los sasánidas, probablemente de regiones al Norte de Irán, y data aproximadamente del 700 de nuestra era o aun de fecha posterior[93]. Lamentablemente la aversión de los musulmanes a la representación de hombres y animales se propagó al Irán en el año 641

---

[87] S. A. Teploujov, "Essai de classification des anciennes civilisations métalliques de la región de Minoussinsk", *Materialy po etnografii Rossii*, IV (1929), 57, 62; cf. *American Anthropologist*, XXXV (1933), 321. A. Spitsyn, al establecer una estratificación arqueológica de la región de Kama, no sacó a relucir ningún estribo anterior al siglo X; *Materialy po archeologii Rossii*, XXVI (1902), lám. XXV, 20 y pág. 63; cf. A. A. Zajarov, *Studia levedica* (Budapest, 1935), 39. Sin embargo, es probable que éste sea demasiado conservador; cf. A. Marosi y N. Fettich, *Trouvailles avares de Dunapentele* (Budapest, 1936), 87.

[88] Zajarov, op. oit., 40.

[89] *Materialy po archeologii Rossii*, X (1893), lám. X, 1; cf. Zajarov, op. cit., 39.

[90] J. E. Aspelin, *Antiquités du nord finno-ougrien* (Helsinki, 1878), 210.

[91] H. Appelgren-Kivalo, *Alt-altaische Kunstdenkmäler* (Helsinki, 1931), fig. 80. Debo la datación a O. Maenchen-Helfen, de la Universidad de California (Berkeley). Se encuentran representaciones de estribos del Turquestán chino correspondientes a los siglos VIII a X en: A. Grünwedel, *Altbuddhistische Kulturstätten in Chinesisch-Turkistan* (Berlín, 1912), fig. 513, y *Alt-Kutscha* (Berlín, 1920), I, fig. 54; A. von Le Coq, *Bilderatlas*, figs. 69, 70, 132, 134 y pág. 22; A. Stein, *Preliminary Report of a Journey of Archaeological and Topographical Exploration in Chinese Turkestan* (Londres, 1901), lám. 2d, y *Ancient Khotan* (Oxford, 1907), II, lám. 59.

[92] Cf. A. Banerji, "Side-lights on the later Kuṣāṇas", *Indian Historical Quarterly*, XIII (1937), 105-16.

[93] Véase pág.158.

y nos privó de testimonios visuales durante muchas generaciones a partir de esa fecha. No obstante, la filología y la literatura ofrecen pruebas fehacientes.

Pelliot ha puntualizado[94] que, dado que los persas utilizan la voz árabe *riḳāb* para designar el estribo, probablemente éste llegó a Persia a fines del siglo VII o comienzos del VIII, en la época en que la clase gobernante y guerrera de Irán hablaba en árabe.

Dos de los narradores del Haḍith, del siglo IX, Abu-Dāwūd (muerto en el 888) y al-Tirmidhi (muerto entre el 883 y el 893), registraron la siguiente tradición que circulaba en Persia: "He visto a 'Ali (muerto en el 661) sacar un caballo para cabalgar. Cuando puso su pie en el *rikāb*, dijo tres veces 'En el nombre de Dios'.[95]" Habían mediado más de 200 años de transmisiones orales, y el que 'Ali hubiese usado alguna vez un *rikāb* se vuelve dudoso frente al hecho de que autores musulmanes escrupulosos nos han dejado un relato exacto y coherente de la introducción del estribo, por lo menos en su forma metálica, treinta y tres años después del asesinato de 'Ali. Al-Jāḥiz (que murió en el 868) describe el desprecio que el persa Sḥū'ūbīyah sentía en esa época por los árabes. Refiriéndose a éstos, escribía: "En las batallas vosotros estabais acostumbrados a montar vuestros caballos sobre el lomo desnudo, y cuando un caballo llevaba alguna silla sobre el lomo, ésta era de cuero, pero carecía de estribos. Sin embargo, los estribos figuran entre los mejores arreos de guerra tanto para el lancero que empuña su lanza como para el caballero que blande su espada, dado que pueden pararse sobre aquéllos o utilizarlos como apoyo." A lo que al-Jāḥiz replica: "En cuanto a los estribos, se está de acuerdo en que son muy antiguos, pero los árabes no usaron estribos de hierro antes de la época de los azraquitas"[96].

La referencia a la secta de los azraquitas queda aclarada en un pasaje de los escritos de otro autor del siglo IX, al-Mubarrad (muerto en el 898), el cual nos informa que "los primeros estribos se hacían de madera y por eso se rompían muy fácilmente, con el resultado de que, cuando el guerrero quería blandir su espada, o el lancero asestar un golpe con su

---

[94] *T'oung-pao*, XXIV (1926), 262, n. 1.

[95] Abu-Dâwūd, *Jihād*, 74; al- Tirmidhi, *Da'awat*, 46; cf. *Encycl. Islam*, I, 82; IV, 796. Debo la traducción de estos textos al doctor N. H. Faris, de la Universidad de Beirut.

[96] Al-Jāḥiz, *al-Bay ān w-al-Tabyin* (Cairo, 1926-27), III, 8, 12; cf. *Encycl. Islam*, 1, 1000.

lanza, carecían de apoyo. En consecuencia, al-Muhallab ordenó que fueran hechos de hierro"[97]. En el año 694 el general al-Muhallab[98] organizó una campaña contra los azraquitas de Persia Central y, por lo que parecería surgir de nuestras fuentes, habría copiado entonces de sus adversarios el uso del estribo, o por lo menos del estribo de hierro.

¿Qué debemos pensar acerca de la insistencia de al-Jāhiz y de al-Mubarrad en que los estribos de madera o de cuero precedieron considerablemente a los estribos de hierro? Esta opinión predomina todavía en la literatura referente a la historia de la caballería[99], pero no pasa de ser una opinión lógica o esquemática, y carece de suficiente respaldo en la arqueología o en las representaciones de arneses que se conservan. Al igual que los estribos de gancho, los de cuerdas y los de cuero pueden arrastrar al jinete que ha perdido su asiento. A menos que estuviesen firmemente reforzados, los estribos de madera hechos de acuerdo con las técnicas de que disponían los antiguos no eran lo suficientemente fuertes. Que pueblos acostumbrados a trabajar los metales utilizasen mucho tiempo o de manera general estribos de cuerdas, de cuero o de madera sin reemplazarlos por otros de bronce o de hierro, es algo tan difícil de creer como lo sería sostener que nunca existieron estribos no metálicos simplemente porque no nos han llegado muestras recogidas en excavaciones. Los autores persas que se oponen a al-Jāhiz estuvieron probablemente muy acertados en cuanto al hecho fundamental: los árabes entraron en Irán sin estribos en sus cabalgaduras. Podemos inferir que los musulmanes adoptaron por vez primera el estribo en el año 694, en Persia, país adonde llegó sin duda poco antes procedente de Turquestán, ya que durante la dinastía de los sasánidas se lo desconocía.

Digamos, de paso, que la primera forma de apoyo para los pies del jinete en la India, o sea la sobrecincha floja (que pudo ser usada por la aristocracia que calzaba sandalias), probablemente llegó a Arabia antes que el estribo de pie y se la empleaba en los camellos con eh nombre

---

[97] Véase pág. 159.

[98] S. M. Y ūsuf, en "Al-Muhallab-Bin-Abi-Sufra: his strategy and qualities of generalship", *Islamic Culture*, XVII (1943), 2, atribuye significativamente a al-Muhallab no sólo el haber introducido los estribos de hierro sino también el haber copiado la costumbre turca de recortar las colas de los caballos.

[99] Véase pág. 159.

de *gharz*[100]. Una vez introducido el *rikāb* o estribo de pie, se utilizaba a veces este último tanto para el camello bactriano como para el dromedario[101], y el *gharz* cayó en desuso. A juzgar por los testimonios modernos, la segunda fase del estribo hindú, el estribo para el dedo gordo, se difundió por doquiera que la India antigua mantuvo contacto con pueblos cuyas clases gobernantes andaban habitualmente descalzas: por el Este hasta Timor[102] y las Filipinas[103], y por el Oeste hasta Etiopía[104]. Puesto que la región del Nilo Superior había mantenido estrecho contacto con la India durante la época romana[105], debemos preguntarnos si tal vez el estribo en alguna de sus formas no habrá llegado a Egipto procedente de Etiopía.

Las pruebas negativas son: primero, que en el antiguo etíope no se conoce voz alguna que signifique estribo, y que todos los vocablos modernos de la región derivan del *rikāb* árabe[106]; segundo, que entre los numerosos arreos de caballos encontrados en tumbas reales de la Baja Nubia correspondientes al período que va del siglo III al VI, no ha aparecido ningún vestigio de estribo[107]; tercero, que ninguna representación copta de estribos puede ser fechada, con cierta seguridad, en época anterior a la de los marfiles del púlpito de Aquisgrán, tallas a las que tras larga controversia se adjudica hoy en firme una fecha algo anterior al 750[108]. Debemos sacar la conclusión de que el estribo se difundió en Occidente a través del Asia Central.

Dado el constante contacto de los bizantinos con los pueblos de las estepas y la gran influencia de estos últimos sobre los métodos militares

---

[100] Véase pág. 160.

[101] M. A. Stein, *Ancient Khotan* (Oxford, 1907), II, lám. II; E. Schroeder, *Persian Miniatures in the Fogg Museum of Art* (Cambridge, Mass., 1942), lám. VII y pág. 49.

[102] Schlieben, op. cit., 198.

[103] J. Montano, "Reise auf den Philippinen", *Globus*, XLVI (1884), 36.

[104] M. Parkyns, *Life in Abyssinia* (Nueva York, 1856), II, 30; S. W. Baker. *Exploration of the Nile Tributaries of Abyssinia* (Hartford, 1868), 263.

[105] Cf. J. Halévy, "Traces d'influences indo-parsie en Abyssinie", *Revue sémitique*, IV (1896), 258-65; E. Littmann, "Indien und Abessinjen", *Beiträge zur Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte Indiens: Festgabe H. Jacobi* (Bonn, 1926), 406-17; E. II. Warmington, *The Commerce between the Roman Empire and India* (Cambridge, 1928), 13; A. J. Arkell, "Meroe and India", en *Aspects of Archaeology*, comp. W. F. Grimes (Londres, 1951), 32-38, y en su *History of the Sudan* (Londres, 1955), 166, figs. 20, 21; en cuanto a los gimnosofistas de Etiopía, cf. J. Filliozat, "Les Echanges de l'Inde et de l'empire romain aux premiers siécles de l'ère chrétienne", *Revue historique*, CCI (1949), 1-29.

[106] Según el doctor Wolf Leslau, de la Universidad de California (Los Angeles).

de Bizancio[109], es probable que Constantinopla haya adoptado el uso del estribo poco después de difundido éste a lo largo de has grandes llanuras de Asia hasta la región situada al Norte del Mar Negro. La primera referencia bizantina al estribo aparece en un *Strategikón* tradicionalmente atribuido al emperador Mauricio (582-602), en el que se habla dos veces de "estribos de hierro"[110]. Si bien la atribución de este tratado militar nunca ha sido cuestionada en otros terrenos, la prueba de la introducción del estribo en eh Irán nos obligaría a sospechar de aquélla. Si se tienen en cuenta las incesantes luchas del Imperio de Oriente, primero con los sasánidas y luego con el califato, ¿cabe imaginar que durante un siglo estos últimos hayan permanecido ignorando la existencia del estribo, cuando de hecho éste era ya una pieza común de la catafracta bizantina más o menos desde el año 600? Dejando de lado datos arqueológicos e islámicos relativos al estribo, la controversia en torno de la fecha de este *Strategikón* se ha movido casi por completo en el campo de la filología; no obstante, un respetable cuerpo de testimonios eruditos ubica al seudo Mauricio no en las postrimerías del siglo VI, sino más bien a comienzos del VIII[111], período que se ajusta mejor a todas las demás informaciones que poseemos sobre la difusión del estribo.

En la controversia acerca del *Strategikón*, cada vez que se mencionan estribos se da por admitido que los bizantinos los habían heredado de los ávaros, los cuales a su vez presumiblemente los habían traído del Asia Central al invadir por primera vez la Panonia en el año 568. A pesar de la extraordinaria labor de los arqueólogos húngaros[112], la

---

[107] W. B. Emery, *The Royal Tombs of Ballana and Qustal* (Cairo, 1938), I, 251-71; II, láms. 55-56. Los frescos del Sudán, muy poco posteriores al año 1000, muestran una curiosa incertidumbre acerca de cómo los estribos de pie deben adosarse al resto del arnés del caballo; cf. L. Griffith, "The church of Abd el-Gādir near the Second Cataract", *Annals of Archaeology and Anthropology*, XV (1928), láms. XXXV y XLIII.

[108] Véase pág. 160.

[109] Cf. E. Darko, "Influences touraniennes sur l'évolution de l'art militaire des Grecs, des Romains et des Byzantins", *Byzantion*, X (1935), 443-69, XII (1937), 11947, y "Le Rôle des peuples nomades cavaliers dans la transformation de l'Empire romain aux premiers siècles du moyen âge", ibid., XVIII (1946-8), 85-97.

[110] Véase pág. 161.

[111] Véase pág. 161.

[112] Para una sistematización de la bibliografía y de los lugares excavados, aunque no de la cronología, véase D. Csallány, *Archaologische Denkmaler der Awarentteit in Mitteleuropa: Schrifzum und Fundorte* (Budapest, 1956).

estratificación de los materiales ávaros no es todavía clara. Los hallazgos "ávaros" se encuentran cronológicamente dispersos desde fines del siglo VI hasta la invasión de los magiares, más de 300 años después. Los ávaros estuvieron continuamente recibiendo y asimilando improntas étnicas e influencias culturales[113]. Ellos, o sus vecinos los búlgaros cuturgures, bien pueden haber sido el primer pueblo europeo que utilizó el estribo, pero la época de su introducción sigue siendo incierta. La creencia general de que los ávaros de fines del siglo VI usaban estribos parece apoyarse en la respetable autoridad de Hampel, quien insistió en que aquéllos quedaron "muy bien fechados" en las excavaciones de Szent-Endre[114]. Sin embargo, la tumba de Szent-Endre por la que él tan particularmente se preocupaba, puesto que contenía estribos y monedas, no puede ser del siglo VI: las monedas no son únicamente de Justino I (518-527), sino también de Focas (602-610)[115], y de todas maneras no proporcionan otra cosa que un *terminus a quo*. Por otra parte, Werner ha advertido[116] que esta tumba en especial presenta un carácter singularmente indefinido, ya que o bien era una tumba doble, o bien sufrió luego alteraciones a raíz de un segundo entierro. Por consiguiente, no se la puede invocar, como lo intentó Csallány[117], ni siquiera para demostrar que los ávaros poseían el estribo en la década del 620-630.

Una muestra de las dificultades con que han tropezado los arqueólogos para fechar la introducción del estribo entre los ávaros la da la argumentación de Kovrig, el cual afirma que el cementerio de Jutas se formó de tal manera que dos tumbas donde se han encontrado estribos son probablemente anteriores a otra que contenía una moneda de Focas (602-610)[118]. Pero esta moneda pudo ser enterrada varios años o varias generaciones después de su acuñación. La creencia en los estribos ávaros del siglo VI que propicia Hampel parece haber sido

---

[113] Cf. J. Eisner, "Pour dater la civiisation 'avare'", *Byzantino-slavica*, IX (1947), 45-54.

[114] J. Hampel, *Alterthümer des frühen Mittelalters in Ungarn* (Brunswick, 1905), 1, 217. 223.

[115] L. Huszár, "Das Münzmaterial in den Funden der Völkerwanderungszeit im mittleren Donaubecken", *Acta archaeologica* (Budapest), V (1954), 96; Csallány, Denkmdler, 240.

[116] J. Werner, *Münzdatierte austrasische Grabfunde* (Berlín, 1935), 73. G. László, "Etudes archéologiques sur l'histoire de la société des Avars", *Archaeologica hungarica*, XXXIV (1955), 270, se siente igualmente perplejo porque esta tumba contenía i*tres* estribos!

[117] D. Csallány, "Grabfunde der Frühawarenzeit", *Folia archaeologica*, 1 (1939), 171.

[118] J. Kovrig, "Contribution au problème de l'occupation de la Hongrie par les Avars", *Acta archaeologica* (Budapest), VI (1955), 175.

abandonada por los eruditos húngaros; ahora se tiende a retrasar más y más la llegada del estribo a la cuenca del Danubio, ubicándola en el siglo VII[119]. De todos modos, los estribos ávaros no pueden y a servir de base para fechar el *Strategikón* del seudo Mauricio a fines del siglo VI.

En Prusia Oriental y en Lituania se han encontrado una variedad de estribos. O. Kleemann ha sostenido que los más antiguos, acaso más que ningún otro de los hallados en Europa, son los descubiertos en las tumbas 8, 9, 12, y 6/38 de Elenskrug-Forst. Los sitúa en la primera mitad del siglo VII, basándose en la cerámica adjunta y, sobre todo, en un tipo de fíbula más reciente[120]. Para fechar un elemento tecnológico que puede haber sido introducido como novedad mientras la necrópolis se utilizaba todavía para entierros, es necesario examinar cada una de las sepulturas más que el cementerio en conjunto. Las tumbas 9 y 12 carecían de material suficiente, aparte de los estribos, que permitiera asignarles una fecha con cierta aproximación. La tumba 8 contenía un vaso característico no sólo del siglo VII, sino también del siglo VIII[121]. La tumba 6/38 contenía un vaso similar y un par de fíbulas de un tipo plenamente evolucionado, que Aberg atribuye no a la primera mitad, sino más bien a mediados del siglo VII[122]. Además, esas fíbulas ya no eran una novedad en la época en que se realizó el entierro: una de ellas había sido cuidadosamente remendada después de una rotura[123]. Por lo tanto, para los estribos de Elenskrug-Forst sería preferible pensar en una fecha ubicada a fines del siglo VII o a comienzos del VIII.

---

[119] Al establecer incidentalmente la cronología de 1090 lugares ávaros excavados, Csallány (*Denkmäler*, 77-220) no hace referencia alguna a estribos del siglo VI. Cree que se han encontrado estribos del siglo VII en Baja (nº 45), Bácsújfalu (nº 60), Komárom (nº 518), Linz-St. Peter (nº 566). Pereg (nº 759) y Szegvár (nº 870a). A éstos debe agregarse una tumba que contiene un estribo y a la que J. Kovrig ubica a comienzos del siglo VIII, en "Deux tombes avares de Törökbálint", *Acta archaeologica* (Budapest), IX (1957), 131-3. Debe observarse que Kovrig tiende a asignar a los objetos fechas más antiguas que Csallány; cf. Kovrig, "Contribution", 184, donde objeta la fecha 640 (aprox.) asignada por Csallány a los estribos de Bácsújfalu; cf. Csallány, "Trouvaille d'objects incinérés de l'époque avare à Bácsújfalu", *Archaeologiai értesíto*, LXXX (1953), 140-1.

[120] O. Kleemann, "Samländische Funde und die Frage der ältesten Steigbügel in Europa", *Rheinische Forschungen zar Vorgeschichte*, V (1956), 116. Kleemann (117) considera atinadamente como muy dudosa la fecha del siglo VI asignada a un estribo encontrado en Hofzumberge cerca de Mitau; cf. H. Moora, *Die Eisenzeit in Lettland*, I (Dorpat, 1929), 57; II (1938), 529.

[121] Kleemann, op. cit., lám. XXXI, g; para la fecha, cf. O. Tischler, *Ostpreusische Altertümer aus der Zeit der grossen Grabfelder* (Kñnigsberg, 1902), lám. 30, I.

[122] N. Aberg, Ostpreussen in der Völkerwanderungzeit (Upsala, 1919), 126-7, fig. 182.

[123] Kleemann, op. cit., lám. XXXII b.

Si los ávaros hubieran traído consigo el estribo desde Asia Central, cabría esperar que los lombardos hubiesen sido el primer pueblo germano en recibirlo, dado que éstos fueron empujados desde la Panonia hacia Italia por el impacto de la invasión ávara del año 568[124]. Los lombardos estaban ya lo bastante cristianizados como para no incluir a los caballos en los entierros de sus guerreros, pero ocasionalmente, tal vez acosados por ciertas dudas paganas, enterraron también en las tumbas no sólo las bridas sino aun las sillas de montar. Ninguna de estas sillas se hallaba provista de estribos. Tampoco puede achacarse al enmohecimiento la ausencia de estribos: bocados y armas de hierro subsisten en tumbas donde se encuentran ornamentos de sillas de montar. La tumba 119 de Castel Trosino reviste singular importancia, pues contenía fragmentos de una armadura ávara, un bocado de hierro, restos de una silla, espuelas, no así estribos[125]. Los únicos estribos lombardos conocidos, un par de estribos de bronce muy hermosos, provienen de la tumba 41 de Castel Trosino; habían sido depositados por sus afligidos padres en el sepulcro de una niñita que, presumiblemente, se había aficionado mucho a ellos. En la medida en que podemos juzgar por su ubicación, la tumba 41 era una de las más recientes de ese cementerio; por lo tanto, databa probablemente del siglo VIII[126].

En cuanto al período merovingio, las fuentes literarias guardan silencio acerca de los estribos[127]. No obstante, en el año 1931 Veeck[128], seguido luego por Müller-Karpe en 1949[129], afirmó basado en datos arqueológicos que los germanos habían recibido el estribo a fines del siglo VII, y alegaba que existían hallazgos de ese período en Andelfingen, Oetlingen y Pfahlheim, de Württemberg, y en Budenheim, cerca de Maguncia.

Lindenschmidt, que dio a conocer el estribo de Budenheim, se mostró reacio a asignarle una fecha más exacta, limitándose a ubicarlo en la

---

[124] Cf. I. Bóna, "Die Langobarden in Ungarn", *Acta archaeologica* (Budapest), VII (1956), 183-242.

[125] Véase pág. 161.

[126] Mengarelli, op. cit., 239, fig. 100; para las fechas del conjunto del cementerio, cf. ibid., 186; para la fecha probable de la tumba 41, cf. ibid., 187, y su ubicación próxima a la iglesia de San Esteban en la lám. II.

[127] Véase pág. 162.

[128] W. Veeck, *Die Alemannen in Württemberg* (Berlín, 1931), 1. 75.

[129] H. Müller-Karpe, *Hessische Funde von der Altsteinzeit bis zum frühen Mittelalter* (Marburgo, 1949), 62.

época "de los francos"[130], y no existe razón suficiente para modificar su juicio. Ni el inventario que hace Veeck de los hallazgos registrados en Andelfingem, ni la fuente que utiliza este autor, mencionan estribos[131]. El cementerio de Oetlingen estaba en uso durante el período en que se introdujo el estribo: en una de las tumbas aparecieron una espuela y un bocado de hierro, pero ningún estribo; en una tumba cercana se encontraron estribos[132]. El cementerio de Pfahlheim es más rico y abarca el mismo período: de siete enterratorios de caballos, solamente uno -sin duda el último- incluía estribos[133]. Una prueba de que los germanos de esta región no usaban estribos en la segunda mitad del siglo VII la proporciona la ausencia de aquéllos en el muy completo equipo de cabalgadura procedente de la tumba de un jefe alamano de ese período excavada en Alsacia[134]. Se supone que tanto en Oetlingen como en Pfahlheim persistió la costumbre de enterrar los caballos junto con los guerreros hasta que los alamanos se convirtieron definitivamente al cristianismo, es decir, hasta la década del 730[135].

Debemos volver, por consiguiente, a la opinión de los arqueólogos germanos anteriores, según la cual los estribos aparecieron por vez primera en Occidente a comienzos del siglo VIII[136]. Además de los estribos de Oetlingen y Pfahlheim, contamos para este período con hallazgos provenientes de Wilflingen[137], y quizás de Gammartingen-

---

130 *Westdeutsche Zeitschrift für Geschichte und Kunst*, XXI (1902), 433, lám. 11, uº 12.

131 Veeck, op. cit., 335; Reuss, "Bericht über die Funde aus einigen 'celtischen' Grabhügeln bei Hailtingen und einem 'romanischem' bei Andelfingen", Verhandlungen des Vereins für Kunst und Alterthum in Ulm und Oberschwaben IX-X (1855 [nº 1858]), 90.

132 Veeck, op. cit., 329.

133 Ibid., 165-8.

134 J. Werner, *Der Fund von Ittenheim: ein alamannisches Fürstengrab des 7. Jahrhunderts im Elsass* (Estrasburgo, 1943), 12, fig. 4; 29.

135 Veeck, op. cit., 112.

136 Por ej. L. Lindenschmidt, *Handbuch der deutschen Alterthumskunde I: Die Alterthümer der merovingischen Zeit* (Brunswick, 1880), 288; J. Hampel, op. cit., 1. 217; E. Salin y A. France-Lanord, *Rhin et Orient, II: Le Fer à l'époque rnérovingíenne* (París, 1943), 220. H. Stolpe y T. J. Ame, en *La Nécropole de Vendel* (Estocolmo 1927), lám. XLII, fig. 13, muestran un objeto que puede fecharse con bastante seguridad entre el 650 y el 700 y que parecería ser un refuerzo de hierro aplicable a un estribo de madera, sobre todo por su ubicación en el enterratorio de caballos. Pero la sección transversal en forma de U y la falta de un aro en el extremo hacen que la identificación sea improbable. En la lámina XIV, fig. 1, se ven estribos encontrados en el mismo yacimiento y a los que puede asignarse una fecha cercana al año 800; cf. 59, 21-22.

137 L. Lindenschmidt (Sohn), *Die Alterthümer unserer heidnischen Vorzeit*, V (Maguncia, 1911), 196, lám. 36, figs. 576-7.

Simaringen[138], ambos en Württemberg de Windecken en Hesse[139], y tal vez de Bingen sobre el Rin[140]. Después de eso los esfuerzos de San Bonifacio y sus evangelizadores tonsurados por persuadir a los paganos germanos de que las puertas del cielo no se abrían a los artículos importados[141] relegaron los entierros de caballos al Norte escandinavo por ese entonces aún no regenerado[142].

Ni el arte bizantino ni el de Occidente nos suministran material significativo sobre la difusión del estribo. Durante toda la temprana Edad Media los artistas de la cristiandad entera, salvo raras excepciones, no se interesaron mayormente por reproducir los objetos observables del mundo que los rodeaba. El naturalismo ocupó escaso lugar en los métodos conscientes de los artesanos de la época; éstos se dedicaron a trabajar sobre modelos tradicionales, y a menudo sobre modelos clásicos heredados, de valor simbólico[143]. Como consecuencia de ello, la iconografía quedó a la zaga respecto de su época, y rara vez se reflejaron innovaciones en objetos de arte antes que la novedad hubiese ya pasado y se la tomase por cosa corriente.

Una de las más tempranas representaciones del estribo en el arte cristiano procede de una región donde seguramente se lo conocía ya desde un siglo antes. Corresponde a una miniatura qué presenta a los Beyes Magos cabalgando en dirección a Belén (Fig. 2) y que adornaba un homiliario siríaco jacobita; al parecer, éste provenía de la región de Mardin, en la Mesopotamia septentrional, dentro del califato, y databa de fines del siglo VIII o principios del IX[144]. Sin embargo, según hemos visto,

---

138 Véase pág. 162.

139 Müller-Karpe, op. cit., 61, fig. 28; para la fecha, 65.

140 Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 74.

141 Cf. P. Reinecke, "Reihengräber und Friedhöfe der Kirchen", *Germania*, IX (1925), 103-7.

142 Véase pág. 162.

143 L. White (h.), "Natural science and naturalistic art in the Middle Ages", *American Historical Review*, LII (1947), 421-35. J. Pijoan, en *Summa Artis* (Madrid, 1935), 420, puntualiza que la reacción más notoria contra esta tradición fue el empeño iconoclasta en presentar un arte profano figurativo que imitase de cerca la manera antigua; pero, desde luego, allí no habrían tenido cabida los estribos.

144 Biblioteca de Berlín, MS. Sir. 28, fol. 8ᵛ; cf. A. Baumstark, "Spätbyzantinische und frühchristlich-syrische Weinachtsbilder", *Oriens christianus*, nueva serie, III (1913), 118, 123; E. Sachau, *Verzeichnis der Syrischen Handschsiften der Königlichen Bibliothek zu Berlin* (Berlín, 1899), 121. Esta fecha es aceptada por A. Heisenberg en *Byzantinische Zeitschrift*, XXII (1913), 617; G. Millet, *Recherches sur l'iconographie de l'Evangile* (París, 1916), 149; H. Buchthal y O. Kurz, *Handlist of Illuminated Oriental Christian Manuscripts* (Londres, 1942), 9, nº 3.

los ejércitos musulmanes comenzaron a utilizar el estribo en el año 694, a sólo pocos centenares de kilómetros de Mardin.

Un retraso todavía más grave se registra en las representaciones bizantinas[145]. Sólo en los últimos años del siglo IX aparecen estribos en tres libros griegos: en los manuscritos griegos 510 (cuya fecha puede ubicarse entre el 880 y el 886)[146] y 923[147], conservados ambos en la Biblioteca Nacional de Paris, y en el Salterio Chludoff, de Moscú[148]. Pero por los escritos del emperador León VI (886-911)[149] sabemos que en aquella época los estribos formaban parte del equipo habitual de la caballería bizantina, como en realidad lo habían sido unas cinco generaciones antes, si aceptamos la muy probable hipótesis de que el *Strategikon* del seudo Mauricio se remonta a las primeras décadas del siglo VIII[150].

En vista de esto, no debe sorprendernos un retraso similar en Occidente; por el contrario, tal vez nos deba sorprender que los artistas de los reinos francos comenzasen a reproducir estribos unas décadas antes que los del Oriente griego. Lefevbre des Noëttes creía que los estribos habían aparecido por primera vez en Occidente alrededor del

---

[145] El marfil del Museo de Cluny atribuido al siglo IX por E. Lefebvre des Noëttes, L'Attelage, fig. 344, pertenece a los siglos XI-XII según A. Goldschmidt y K. Weitzmann, *Byzantinische Elfenbeinskulpturen* (Berlín, 1930-4), Nº 41. M. Bárány-Obershall, *The Crown of the Emperor Constantine Monomachos* (Budapest, 1937), 61, lám. XIII, 2, hace remontar al siglo VIII un tejido bizantino que forma parte del tesoro de Mozac y que muestra estribos, basándose en una leyenda no confirmada según la cual ese tesoro había sido donado a Mozac por Pipino el Breve. H. d'Hennezel, *Decorations and Designs of Silken Masterpieces Ancient and Modern Belonging to the Textile Historical Museum at Lyon* (Nueva York, 1930), lám. 9, lo ubica en el siglo IX.

[146] Fols. 409^{v}, 440^{r}; cf. C. E. Morey, "Notes on East Christian miniatures", *Art Bulletin*, IX (1929), 92; H. Omont, *Miniatures des plus anciens manuscrits grecs de la Bibliothéque Nationale* (París, 1929), 10, láms. LIV, LIX; J. Martin, en *Late Classical and Mediaeval Studies in Honor of A. Friend* (Princeton, 1955), 191.

[147] Fols. 329^{r} y quizás 31^{r}; fotografías en el Indice Princeton de Arte Cristiano; cf. H. Bordier, *Descriptions des peintures et autres ornements contenus dans les manuscrits grecs de la Bibliothéque Nationale* (Paris, 1883), 90; K. Weitzmann, "Die Illustrationen der Septuaginta", *Münchener Jahrbuch der bildenden Kunst*, III-IV (1952-53), 105, 111.

[148] Museo Histórico de Moscú, MS. griegos 129, 97^{v}, 140^{v}; fotografías en el Indice de Princeton. El folio 97^{v} se reproduce en O. Strunk, "The Byzantine office at Hagia Sophia", *Dumbarton Oaks Papers*, IX-X (1956), 175-202, fig. 2. Este Salterio data tal vez de los primeros años del siglo X; cf. J. Martin, op. cit., 190. De hecho, L. H. Grondijs, "La Datation des psautiers byzantins, et en particulier du psautier Chludof", *Byzantion*, XXV-XXVII (1955-57), 591-616, trata de ubicarlo en el siglo XI, con éxito dudoso.

[149] *Leonis imperatoris Tactica*, VI, 10, ed. E. Vári (Budapest, 1917), 1, 105. El intento de K. Zachariae von Lingenthal de adjudicar este escrito a León III (717-40) ha fracasado; cf. M. Mitard, "Etudes sur le régne de Léon VI", *Byzantinische Zeitschrift*, XII (1903), 585-93, y E. Gerland en *Deutsche Literaturzeitung*, XLI (1920), 469.

[150] *Infra*, pág. 161.

840, en el Apocalipsis de Valenciennes, "d'origine espagnole"[151]. Sin embargo, según las opiniones más recientes este manuscrito procedería de los Alpes alemanes y su fecha sería algo posterior a la mitad del siglo IX[152], junto con el Apocalipsis de París, estrechamente relacionado con aquél y en el que también se ven estribos[153]. No obstante, en frontales hechos alrededor del año 840 para el famoso altar de San Ambrosio, en Milán, aparecen dos jinetes provistos de estribos[154]. Además, en el Salterio Dorado de St. Gall, que data de la segunda mitad del siglo IX, de los nueve jinetes que se ven en sus miniaturas y cuyos equipos es posible apreciar, siete llevan estribos[155]: es evidente que por aquella época los estribos eran cosa habitual, por lo menos en lo que a los artistas se refería.

La arqueología, entonces, no la historia del arte, es la que juega un papel decisivo en el intento de fechar la llegada del estribo a Europa Occidental. Y esa fecha debe ubicarse en la primera parte del siglo VIII, es decir, en la época de Carlos Martel.

Sin embargo, aun cuando los misioneros benedictinos se hubiesen ocupado un poco antes en eliminar la costumbre de los entierros de caballos, privándonos con ello del testimonio aportado por las excavaciones sobre la llegada del estribo a tierras germánicas, podríamos haber descubierto por otros medios que aquél debió de llegar al reino de los francos a principios del siglo van. En ese momento los verbos *insilire* y *desilire*, empleados anteriormente para designar la idea de montar y desmontar, empezaron a ser reemplazados por *scandere equos* y *des-*

---

[151] Op. cit., 237, fig. 294. Ibid., fig. 366, este autor sugiere que una pieza de ajedrez de la India, presuntamente obsequiada a Carlomagno por Hārūn ar-Rashid, pudo tal vez haberles inspirado a los francos la idea del estribo; cf. A. Goldschmidt, *Die Elfenbeinskulpturen aus der romanischen Zeit* (Berlín, 1926), IV, 5, fig. 6. Pero esta figura pertenece a la época de las Cruzadas; cf. W. M. Conway, "The abbey of Saint-Denis and its ancient treasures", *Archaeologia*, LXVI (1915), 152, lám. XII, fig. 5.

[152] Biblioteca Pública de Valenciennes, MS. 99, fols. 12^{v}, 13^{r}, 19^{r}, 35^{r}; fotografías en el Indice de Princeton; Bibliothéque Nationale, *Les Manuscrits d peintures en France de VII^{e} au XII^{e} siècle*, 2ª ed. (París, 1954), 41 (97); cf. W. Neuss, *Die Apokalypse des Hl. Johannes in der altspanischen und altchristlichen Bibelllllustrationen* (Miinster, Westf., 1931), I, 249, 265, 286; H. Omont, Manuscrits illustrés de l'Apocalypse ami IX^{e} et X^{e} siécles", Bulietin de la *Société française de Reproductions de Manuscrits à Peintures*, VI (1922), láms. XVIII, XXVII; A. Boinet, *La Miniature carolingienne* (París, 1913), láms. CLVIII y CLIX; M. E. James, *The Apocalypse in Art* (Londres, 1931), 37.

[153] Biblioteca Nacional de Paris, MS. latinos, nueva adquis., 1132, fols. 8^{v}, 29^{r}; fotografías en el Índice de Princeton; cf. Omont, op. cit., 64; *Manuscrits à peintures*, 41 (98).

[154] G. B. Tatum, "The Paliotto of Sant' Ambrogio at Milan", *Art Bulletin*, XXVI (1944), 45, fig. 20; para la fecha, cf. V. Elbern, *Der karolingische Goldaltar von Mailand* (Bonn, 1952).

[155] Véase pág. 163.

cendere[156], lo cual demuestra que el salto fue reemplazado por el paso al subir y al bajar del caballo. Pero un indicio más explícito del cambio radical de la infantería a la nueva modalidad que significó el combate con carga de caballería es la total modificación de las armas de los francos registrada en esa época.

La *francisca*, típica hacha de batalla de los francos, y el *ango*, o jabalina arponada, una y otra armas de infantería, desaparecieron en el siglo VIII, en tanto que la vieja *spatha* se alargó convirtiéndose en una espada larga para jinetes[157]. Además, desde el siglo IX en adelante estas largas espadas germanas fueron tenidas en gran estima tanto por los bizantinos como por los sarracenos[158]. Pero, por sobre todo, en las primeras décadas del siglo VIII comienza a usarse mucho la lanza que debajo de la hoja llevaba un apéndice pesado y arpones[159] con el objeto de impedir una penetración profunda en el cuerpo de la víctima que pudiese originar dificultades para extraer luego el arma. Esta se perfeccionó rápidamente hasta convertirse en la característica lanza alada carolingia, con una pieza atravesada sobresaliente[160]. Este tipo de lanzas, si hemos de dar crédito a las miniaturas, fueron utilizadas tanto por la infantería como por la caballería. Pero su diseño novedoso es comprensible en función de la nueva modalidad del combate con carga de caballería y llevando la lanza apoyada. Como ya lo indicamos anteriormente[161], un infante o un jinete sin estribos que empuñase la lanza con el extremo de su brazo, raras veces habría podido clavarla en un adversario tan profundamente como para que se atascase. En cambio, un jinete provisto de estribos y con la lanza apoyada, que asestase el golpe con todo el impulso de su cuerpo y de su caballo, debió de haberse visto a menudo en esa situación, a menos que su

---

156 Schlieben, op. cit., 180.

157 Véase pág. 163.

158 A. Zeki Validi, "Die Schwerter der Germanen nach arabischen Berichten des 9-11. Jahrhunderts", *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, XC (1936), 19-37. Salin, op. cit., III, 97, 105-7, 112, 196, habla de una producción en masa de finas espadas laminadas para exportación en la Renania carolingia; pero en pág. 107 cree que hacia el siglo XI la espada germana damasquinada cayó en desuso debido al mayor peso de la armadura. Sin embargo, este tipo de espadas continué fabricándose aún en el siglo XII; cf. C. Panseri, "Ricerche metallagrafiche sopra una spada da guerra del XII secolo", *Documenti e contributi per la storia dello metallurgia*, I (1954), 5-33.

159 Véase pág. 183.

160 Véase pág. 184.

161 Véase *supra*, pág. 24.

lanza llevase adosada detrás de la hoja alguna pieza complementaria destinada a frenar el golpe. El uso general de la lanza alada demuestra de por sí que, en la época de Carlos Martel y de sus hijos, se iba apreciando la importancia del estribo en el combate a la carga[162].

En la historia abundan los casos de inventos que se mantuvieron dormidos en una sociedad determinada[163] hasta que al final -generalmente por razones que siguen siendo misteriosas- "se despertaron" y se convirtieron en elementos activos en la conformación de una cultura para la cual no resultaban del todo novedosos. Es verosímil que Carlos Martel, o sus consejeros militares, se hayan dado cuenta de las ventajas potenciales del estribo, ya conocido por los francos desde varias décadas antes. No obstante, el estado actual de nuestras informaciones revela que en realidad el estribo era un elemento que acababa de llegar cuando Martel lo utilizó como base tecnológica de sus reformas militares.

A medida que avanzan nuestros conocimientos sobre la historia de los progresos tecnológicos, resulta evidente que todo nuevo dispositivo se limita a abrir una puerta; no fuerza a entrar por ella. La aceptación o el rechazo de un invento, o el grado en que se advierten sus implicaciones en caso de aceptárselo, depende en absoluto tanto de las condiciones de una sociedad y de la imaginación de sus dirigentes, como de la naturaleza del elemento tecnológico mismo. Según veremos, los anglosajones utilizaron el estribo, pero no lo comprendieron; y por ello pagaron un precio sumamente caro. Si bien las relaciones y las instituciones semifeudales se habían ya diseminado notablemente a lo largo del mundo civilizado, sólo los francos -presumiblemente guiados por el genio de Carlos Martel- captaron plenamente las posibilidades que encerraba el estribo y en función de éste crearon una nueva modalidad de guerra sostenida por esa novedosa estructura de la sociedad que llamamos el feudalismo.

3
El combate con carga de caballería y la modalidad de la vida feudal

---

[162] Véase pág. 184.

[163] Por ej. la manivela mecánica; cf. más adelante, págs. 128-133.

La clase feudal de la Edad Media europea existía para que sus miembros fuesen jinetes armados, caballeros que combatían de una manera particular, posible gracias al estribo. Esta élite creó una cultura secular estrechamente vinculada a su estilo de combate y que ofrecía un acentuado paralelismo con la cultura eclesiástica de la Iglesia[164]. Las instituciones feudales, la clase de los caballeros y la cultura caballeresca se modificaron, crecieron y decayeron; pero durante un millar de años conservaron la impronta de su origen, o sea de la nueva tecnología militar del siglo VIII.

Si bien en el reino franco de ninguna manera había desaparecido de la circulación el dinero, el Occidente en el siglo VIII se hallaba más cerca de una economía de trueque que cualquiera de sus dos contemporáneos, Bizancio o el Islam[165]. Por otra parte, la burocracia del reino carolingio era tan escasa, que resultaba difícil la recaudación de impuestos por parte del gobierno central. La tierra era el tipo fundamental de riqueza. Cuando reconocieron que era necesidad esencial procurarse una caballería para luchar de esa nueva y muy costosa manera, Carlos Martel y sus herederos adoptaron la única medida posible: apoderarse de tierras de la Iglesia y distribuirlas a los vasallos con la condición de que prestasen servicio como caballeros en las huestes francas[166].

El nuevo método de lucha implicaba grandes gastos. Los caballos costaban mucho y la armadura se hizo más pesada para poder hacer frente a la nueva violencia del combate con carga de caballería. En el año 761 un tal Isanhard vendió las tierras heredadas de sus antepasados y un esclavo por un caballo y una espada[167]. Al parecer, el equipo militar de un solo hombre costaba, en general, el equivalente de unos

---

[164] En sus relaciones con la cultura eclesiástica, la cultura caballeresca parece haber sido notablemente selectiva; así, por ej., E. R. Labande, en "Le 'Credo' épique: à propos des priéres dans les chansons de geste", *Mémoires et documents publiés par la Société de l'Ecole des Chartes*, XII, II (1955), 82-80, revela que esas plegarias caballerescas contienen sobre todo temas bíblicos e incluyen muchos menos elementos apócrifos y legendarios que lo que es dable encontrar en la iconografía de las iglesias contemporáneas.

[165] Véase pág. 165.

[166] El prejuicio contra la confiscación de tierras de la Iglesia era tan fuerte que hacia el año 755 los carolingios comenzaron a exigir a los poseedores de esas *precariae verbo regis* que pagaran un quinto del producto anual a los clérigos ex propietarios. Aclarando en buena parte una confusión anterior, G. Constable, en "Nona et decima: an aspect of Carolingian economy", *Speculum*, XXXV (1980), 224-50, indica que estos pagos nada tenían que ver con los diezmos que debían pagarse regularmente por todas las tierras.

[167] H. Wartmann, *Urkundenbuch S. Gallen* (Zürich, 1883), I, 34, Nº 31.

veinte bueyes[168], o sea los equipos de labranza de por lo menos diez familias campesinas. Pero los caballos morían: el caballero necesitaba volver a montar otro caballo para desempeñarse eficazmente; y su escudero también debía ir adecuadamente montado. Además, los caballos comen grandes cantidades de grano, circunstancia importante en una época de más escasa producción agrícola que la actual.

Si bien en el reino de los francos el derecho y el deber de portar armas correspondían a todos los hombres libres independientemente de su posición económica[169], era natural que la gran mayoría de ellos sólo pudieran llegar a pie hasta el lugar de alistamiento, provistos de armas y armaduras relativamente baratas[170]. Como ya se ha recordado, también dentro de este grupo trató Carlomagno de reclutar caballeros[171], ordenando que los hombres libres menos prósperos se asociaran en grupos, de acuerdo con la extensión de sus tierras, para equipar a uno de ellos y enviarlo a las guerras[172]. Tal disposición debía de resultar difícil de aplicar en la práctica, y de hecho no sobrevivió a la confusión imperante en los últimos años del siglo IX[173]. Pero en el fondo de esa disposición estaba el reconocimiento de que, si la nueva tecnología bélica debía progresar constantemente, el servicio militar tenía que convertirse en cuestión de clase. Los que por razones económicas no podían combatir a caballo padecían una debilidad social que no tardó en configurar una inferioridad legal. En el año 808 el desatinado texto de una capitular, *De exercitu promovendo*, establece una diferencia entre *liberi* y *pauperes*[174]; ese modo de expresión es legalmente inexacto, pero apunta hacia una época en que la libertad pasaría a ser en gran medida una cuestión de propiedad. Dos capitulares del 825 demuestran la rapidez con que se modificaban los conceptos. Una distingue "liberi" de "mediocres quippe liben qui non possunt per se hostem facere", en tanto

---

[168] *Lex ripuaria*, XXVI, 11, *MGH, Leges*, V, 231; cf. Delbrück, op. cit., III, 4; Kaufmann, op. cit., 1, 339, n. 1.

[169] Véase pág. 165.

[170] Véase pág. 165.

[171] Fehr, op. cit., 118-19, afirma que este empeño de A. Dopsch, *Wirtschaftsentwicklung der Karolingerzeit* (Weimar, 1913), II, 18-19, en demostrar que el plan de compartir proporcionalmente las cargas militares era anterior a Carlomagno, se apoya en una errada interpretación de una capitular del año 825 (*MGH*, Cap. 1, 325, c. 3).

[172] *MGH*, Cap. I, 134, c. 2; cf. Brunner, Deutsche Rechtsgeschichte, 2ª ed. (Munich, 1928), II, 273-5.

[173] Aparece por última vez en el 884; cf. *MGH*, Cap. II, 310.

[174] *MGH*, Cap. 1, 137, c. 2.

que la otra se refiere a estos últimos como "liberi secundi ordinis"[175]. Al derrumbarse el imperio franco, el feudalismo que los carolingios habían creado deliberadamente en función del nuevo método militar de combate con carga de caballería, para que fuese la columna vertebral de su ejército, se convirtió en élite gobernante, no menos que en élite combatiente. Desapareció la vieja leva de hombres libres (aunque no todos infantes) y Se abrió un abismo entre una aristocracia guerrera y la masa campesina. Más o menos hacia el año 1000, la voz *miles* había dejado de significar "soldado" (*soldier*) y había sido sustituida por "caballero" (*knight*)[176].

A decir verdad, el aristócrata feudal bien podía ser gobernante, pero ello era más bien consecuencia de su condición de guerrero. Un estudioso de la poesía medieval ha destacado que "la nota esencial de la verdadera condición de caballero es abatir malvados; no es una magistratura, sino un sustituto o un complemento de ésta"[177]. La imagen del caballero reflejada en la respectiva literatura demuestra que su autoestima se basaba principalmente en dos virtudes ideales: lealtad a su señor feudal (y, después de la intervención de los trovadores, también a la dama del señor feudal) y valentía en el combate. Tanto la *loiautee* como la *proesce* fueron actitudes vinculadas a los orígenes del feudalismo.

Los miembros de la clase feudal conservaban sus tierras y disfrutaban de su status en razón de la lealtad con que cumplían su obligación de prestar servicio como caballeros. Gradualmente el concepto se fue ampliando y pasó a incluir otras "ayudas", particularmente los servicios en el palacio del señor feudal. Pero originaria y básicamente el servicio del caballero consistió en tomar parte en el combate con carga de caballería. Cuando a fines del siglo IX se diluyó la autoridad real central, la subenfeudación permitió que el concepto de lealtad feudal mantuviera su vigencia. Las tenencias feudales se convirtieron rápidamente en

---

[175] Ibid., 329, c. I; 325, c. 3; cf. K. Bosl, "Freiheit und Unfreiheit: zur Entwicklung der Unterschichten in Deutschland und Frankreich wahrend des Mittelalters", *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*, XLIV (1957), 206-7.

[176] G. Duby, *La Société aux XIe et XIIe siècles dans la region mâconnaise* (París, 1953), 231; F. L. Ganshof, "Les Relations féodo-vassaliques aux temps post-carolingiens", *Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, II, (1955), 83-85; K. J. Hollyman, *Le Développement du vocabulaire féodal en France pendant le haute moyen âge* (París, 1957), 129-34.

[177] G. Mathew, "Ideals of knighthood in late fourteenth-century England", *Studies in Medieval History presented to F. M. Powicke* (Oxford, 1948), 360.

hereditarias, pero sólo podían ser heredadas por quien estuviera en condiciones de cumplir la obligación de prestar servicio como caballero. Complicadas disposiciones sobre la tutoría de menores y reglamentaciones que imponían a las viudas y herederas la obligación de casarse preservaron este requisito esencial de la enfeudación.

La clase caballeresca nunca repudió la condición originaria de su existencia: o sea, el que se le concedía una dote para que combatiese, y que todo el que no pudiera o no quisiera cumplir sus obligaciones militares perdía el derecho a esa dote. La obligación de prestar servicio como caballero es fundamental en las instituciones feudales. Es "la piedra de toque del feudalismo; sirvió para que todo lo demás se fuera centrando a su alrededor; y su aceptación como principio determinante de la tenencia de la tierra entrañó una revolución social"[178].

El concepto feudal de que el goce de la riqueza es inseparable de la responsabilidad pública señala la principal diferencia entre las ideas medievales y las ideas clásicas y modernas acerca de la propiedad. La clase de los vasallos creada a raíz de la transformación militar del siglo VIII llegó a ser durante muchas generaciones el elemento dominante dentro de la sociedad europea, pero a través de todo el caos posterior, y no obstante los abusos, nunca perdió por completo su sentido de *noblesse oblige*, aun cuando una clase nueva y rival de burgueses (*burghers*) hizo revivir el concepto romano de posesión incondicional y sin responsabilidad social de la propiedad.

El segundo elemento del orgullo de un caballero, la valentía, era inherente a la prestación cabal de su servicio. Prescindiendo pon completo del costo de armas y caballos, el nuevo estilo de lucha destruyó necesariamente el viejo concepto germánico de que todo hombre libre era un soldado. El combate con carga de caballería no era una actividad para guerreros de dedicación parcial: había que ser un profesional especializado, producto de un prolongado entrenamiento técnico, y lucir un excelente estado físico. Hacia mediados del siglo IX, Rábano Mauro cita un proverbio franco según el cual para aprender a luchar como un caballero se debe empezar desde la pubertad. Aún más significativa es la referencia de Rábano en el sentido de que en su época los hogares de los grandes señores ya se habían convertido en escuelas donde se

[178] H. A. Cronne, "The origins of feudalism", *History*, XXIV (1939), 253.

adiestraba a los niños en las artes de la caballería, entre las cuales probablemente figuraban prácticas en el patio de los torneos[179].

Stenton ha hecho notar que "el aprendizaje que precedía al acto de ser armado caballero fue el hecho más significativo en la organización de la sociedad feudal"[180]. Ese aprendizaje fusionó a una casta militar cosmopolita, consciente de sí misma y de su solidaridad, y orgullosa de sus tradiciones, uno de cuyos aspectos esenciales era la gran rivalidad entre los caballeros por sobresalir en hechos de armas. Cuando un joven era por fin admitido en la hermandad de los caballeros[181], se comprometía profesionalmente a matar dragones. El nuevo estilo de lucha, con su gran movilidad y la terrible fuerza del choque, abrió nuevos campos a las hazañas del valor individual. Quedaba así atrás aquel tiempo de la formación a pie acometiendo y golpeando tras una muralla de escudos. Si bien en la época feudal las grandes batallas eran a menudo cuidadosamente planeadas y libradas con admirable disciplina por escuadrones de caballeros[182], la vida emocional del guerrero caballero tenía un alto sentido individual. En las *chansons de geste* se dedican extensos pasajes a relatar golpe por golpe violentos encuentros que sólo pueden apreciarse si nos imaginamos el interés del auditorio feudal por los detalles técnicos. Y, por último, en la *Cronique* de Froissart el mundo caballeresco evidenció una filosofía de la historia que prenunciaba como principal misión de Clío la tendencia a registrar los grandes hechos de armas para ejemplo de la posteridad[183].

El buen estado físico y la destreza en el manejo de las armas puesta de manifiesto en el combate a la carga eran las condiciones que se suponían necesarias para poder demostrar lealtad al señor feudal y

---

179 Véase pág. 188.

180 F. M. Stenton, *First Century of English Feudalism, 1066-1166* (Oxford, 1932), 131.

181 Véase pág. 166.

182 P. Pieri, "Alcune questioni sopra la fanteria in Italia nel periodo comunale", *Rivista storiica italiana*, 1 (1933), 567-8; J. F. Verbruggen, en "La Tactique militajre des armées de chevaliers", *Revue du nord*, XXIX (1947), 161-80, y en su *De krijgskunst in West-Europa in de middeleeuwen, IX^e tot begin XIV^e eeuw* (Bruselas, 1954), espec. 52-58, 148-54, destruye la opinión corriente según la cual las batallas medievales eran una desordenada carnicería. Por el contrario, los caballeros combatían habitualmente, tanto en el campo de batalla como en los torneos, en *convois* de doce a cuarenta jinetes que actuaban a modo de grupo de ataque y que daban gran importancia al hecho de mantener una línea de formación durante la carga.

183 *Chroniques de J. Froissart*, ed. S. Luce (París, 1889), I, 1: "Afin que les grans merveilles et li biau fait d'armes, qui sont avenu par les grans guerres de France et d'Engleterre et des royaumes voisins, dont li roy et leurs consaulz sont cause, soient notablement registré et ou temps present et a venir veu et cogneu je me voel ensonnüer de l'ordonner et mettre en prose".

valentía en el combate. Con ese fin la clase de los caballeros ideó y perfeccionó un juego mortal y completamente realista: el torneo. En el año 842 se llevó a cabo un formidable lance de armas cerca de Estrasburgo, en presencia de Carlos el Calvo y Luis el Germánico, y evidentemente esos espectáculos no tenían nada de excepcional en aquella época[184]. Sin embargo, hasta el siglo XII son escasos los testimonios concretos acerca de esos combates caballerescos a sarracina. De ahí en adelante "constituyeron el pasatiempo de la clase alta hasta la Guerra de los Treinta Años"[185].

A medida que aumentó la violencia del combate a la carga, la habilidad del armero procuró ponerse a tono fabricando elementos de defensa cada vez más pesados para el caballero. Progresivamente llegó a ser imposible reconocerlo por debajo de su carapacho y fue necesario inventar medios para identificarlo[186]. En el tapiz de Bayeux, de fines del siglo XI, los pendones se diferencian unos de otros más que los escudos [187]. Con todo, a principios del siglo XII empezaron a utilizarse en Francia, Inglaterra y Alemania no sólo divisas heráldicas sino también armas hereditarias[188]. No tiene nada de juego semántico insistir en que el propio caballero feudal, y su sociedad, sabían reconocerse gracias a sus armas. Las exigencias del combate con carga de caballería, inventado por los francos en el siglo VIII, habían modelado su personalidad y también su mundo.

---

[184] Nithard, III, 6, *MGH, Scriptores*, II, 667: "Ludos etiam hoc ordine *saepe* causa exercitii frequentabant". Cf. F. Niederer, *Das deutsche Turnier im XII. und XIII. Jahrhundert*. (Berlín, 1881), 7.

[185] R. C. Clephan, *Defensive Armour* (Londres, 1900), 77. K. G. T. Webster twelfth-century tourney", *Anniversary Papers by Colleagues of C. L. Kittredge* (Boston, 1913), 227-34, y N. Denholm-Young, "The tournament in the thirteenth century", en *Studies in Medieval History presented to F. M. Powicke* (Oxford, 1948), 240-68, destacan el brutal realismo del torneo como práctica para la guerra.

[186] Que la identificación, y no simplemente el deseo de adorno, haya sido la razón funcional del surgimiento de la heráldica, lo atestigua el hecho de que el término más antiguo para designar blasones era *cunuissances* o *conoissances*; cf. Il. Chabanne, *Le Régime juridique des armoiries* (Lyon, 1954), 3-4. Puesto que todos los guerreros, hasta nuestra época del *camouflage*, han decorado sus armas, debemos cuidarnos de fijar el nacimiento de la heráldica a principios del siglo X, época en la cual Abbo, *De bellis Parisiaci urbis*, I, 1, 256-7, en *MGH, Scriptores*, II, 783, dice que desde los muros de París sitiado "nihil sub se nisi picta scuta videt".

[187] Véase pág. 167.

[188] P. Gras, "Aux origines de l'héraldique: La decoration des boucliers au début du XII[e] siècle, d'aprés la Bible de Citeaux", *Bibliothèque de l'Ecole des Chartes*, CIX (1951), 198-208; A. R. Wagner, *Heralds and Heraldry in the Middle Ages* (Oxford, 1956), 13-17; C. U. Ulmenstein, *Uber Ursprung und Entstehung des Wappenwesens* (Weimar, 1935), 15, 56-60.

A todos los lugares hasta donde el reino carolingio extendió sus vastas fronteras, llevó consigo su estilo de combate, sus instituciones feudales y el germen de la caballería. En Italia, por ejemplo, aun cuando es posible rastrear anticipos de relaciones feudales en el reino lombardo, la combinación feudal de vasallaje y beneficio fue introducida por la conquista de Carlomagno a fines del siglo VIII[189]. Pero aun en los lugares donde no habían penetrado las instituciones y las costumbres de los francos, no era posible pasar por alto su manera de combatir.

En Bizancio la nueva técnica militar de los francos se hizo sentir en tiempos de Nicéforo II Focas (963-969), el cual, a raíz de la gran suba del costo de las armas, se vio obligado a aumentar el valor del mínimo inalienable de una tenencia militar de cuatro a doce libras de oro[190]. Allí, como en Occidente, un cambio militar en escala tan apreciable trajo consigo un profundo cambio social. Según observa Ostrogorsky, ello "debió de significar, sin duda, que en adelante el ejército bizantino estaría formado por una clase social diferente. Los soldados de Nicéforo, equipados con pesadas armaduras... ya no podían seguir siendo la antigua milicia campesina.[191]" Al igual que sus vecinos germanos, los griegos dieron más importancia a la caballería hasta el punto de que, en el siglo X, la guarnición de Constantinopla se componía de cuatro regimientos de soldados a caballo y, en cambio, de uno solo de infantería[192].

Aun las formas y los usos de las armas bizantinas terminaron por ser copiados de Occidente. Las más antiguas reproducciones francas de la lanza sostenida en posición de apoyo provienen de fines del siglo IX[193]; las primeras representaciones bizantinas corresponden a los siglos X o

---

189 P. S. Leicht, "Gasindi e vassali", *Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di scienze morali, etc.*, ser. 6, III (1927), 29 1-307, y "Il feudo in Italia nell'età carolingia", *Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, I (1954), 71-107.

190 F. Dölger, *Regesten den Kaiserurkunden des oströmischen Reichs* (Munich, 1924), I, 93, Nº 721; J. y P. Zepos, *Jus graecoromanorum* (Atenas, 1931), I, 255-6. P. Lemerle, "Esquisse pour une histoire agraire de Byzance: les sources et les problémes", *Revue historique*, CCXX (1958), 53, deplora con razón la falta de estudios especiales sobre el armamento bizantino, que nos permitirían apreciar exactamente las bases de la drástica medida de Nicéforo Focas.

191 En *Cambridge Economic History of Europe*, I (Cambridge, 1941), 208; cf. E. H. Kantorowicz, "'Feudalism' in the Byzantine Empire", *Feudalism in History*, comp. por R. Coulborn (Princeton, 1956), 161-2. Lemerle, loc. cit., n. 4, pone en tela de juicio la citada afirmación de Ostrogorski; pero cualesquiera que hayan sido las intenciones de Nicéforo Focas, ¿no es lógico pensar que el resultado de este decreto fue elevar a una clase más alta al soldado favorecido con esa concesión?

192 C. Diehl y G. Marcais, *Le Monde Oriental de 395 à 1081* (París, 1936), 464.

193 *Infra*, pág. 164.

XI[194]. Más o menos alrededor del año 1000, las exigencias del combate con carga de caballería habían inducido a los francos a modificar su primitivo escudo circular u ovalado, alargándolo hasta darle la forma de una cometa puntiaguda que ofrecía mayor protección a la pierna izquierda del caballero[195]. Un siglo después se lo encuentra en Constantinopla[196]. Por otra parte, la ballesta, que Occidente había inventado, reintroducido o tomado de China a fines del siglo X como un "arma antitanque" destinada a perforar la nueva armadura maciza[197], fue toda una novedad para Ana Comneno en Bizancio en la época de la Primera Cruzada[198].

Tampoco el Islam se libró, aun antes de la Primera Cruzada, del contagio de las ideas militares francas. En 1087, cuando arquitectos armenios construyeron la Bāb an-Naṣr, una de las tres grandes puertas de El Cairo, la decoraron con un friso de escudos, algunos redondos, pero otros redondeados en la parte superior y puntiagudos por debajo, como los que llevan los normandos en el tapiz de Bayeux[199]. La voz árabe con que se designa este escudo puntiagudo, *tārīqa*, deriva del francés *targe*[200]. En época de Saladino los musulmanes utilizaban varios tipos de ballestas[201]; aplicaban el nuevo estilo de combate a la carga[202]; y el vocablo que empleaban para designar la lanza pesada, quṇtariya,

---

[194] A. Goldschmidt y K. Weitzmann, *Die byzantinische Elfenbeinskulpturen des X.-XIII. Jahrhunderts* (Berlín, 1930), I, Nº 12, 20; también Nº 98e, del siglo XII, en el que la porción auténtica de una falsificación moderna muestra dos jinetes bizantinos lanzándose a la carga uno contra otro con las lanzas apoyadas.
D. Koco, "L'Ornamentation d'un vase à mesurer du Musée Cluny et les 'Stecci' bosniaques", *Artibus Asiae*, XV (1952), 198, fig. 2, muestra una lápida sepulcral bosnia de fines de la Edad Media con dos caballeros que llevan yelmos de tipo oriental pero que están equipados con escudos occidentales y pelean con la lanza apoyada.

[195] Acerca de un marfil de Alemania occidental del año 1000 (aprox.), cf. H. Schnitzler, *Der Dom zu Aachen* (Düsseldorf, 1950), lám. 59; en cuanto a la Biblia catalana de Farfa, fols. 94^{v}, 161^{r}, 342^{r}, 252^{r}, 366^{v}, véase *infra*, pág. 167; sobre el Códice áureo de Epternach, fol. 78, que data aprox. del 1035-40, cf. A. Grabar y C. Nordenfalk, *Early Medieval Painting* (Nueva York, 1957), 212.

[196] *Octateuco*, de la Biblioteca del Seraglio, MS. 8, fols. 134^{r}, 136^{v}, 139^{c}, 368^{r}; fotografías en el Índice de Princeton. En cuanto a la fecha, cf. K. Weitzmann, *The Joshua Roll* (Princeton, 1948), 6.

[197] Véase pág. 168.

[198] *Alexiad*, trad. por E. A. S. Dawes (Londres, 1928), 255.

[199] K. A. C. Cresswell, "Fortification in Islam before A. D. 1250", *Proceedings of the British Academy*, XXXVIII (1952), 114.

[200] C. Caben, "Un traité d'armurerie composé pour Saladin", *Bulletin d'études orientales de l'Institut français de Damas*, XII (1948), 137, 155, n. 2, 160.

[201] Ibid., 127-9, 150-1.

[202] *Supra*, pág. 18, n. 9.

era de origen griego o romano[203]. Admiraban mucho el brillo de los escudos cristianos pintados[204], y casi no caben dudas de que el concepto básico de la heráldica sarracena es un reflejo del concepto franco. En las postrimerías del siglo XIII la caballería musulmana de Siria y Egipto practicaba el torneo a la manera occidental[205]. Acaso más significativa es la admiración con que al-Herewī (muerto en el 1211) describe las tácticas de combate de los francos, cuidadosamente coordinadas, y la forma en que la caballería y la infantería se prestaban mutuo apoyo[206].

Si tal era la situación en Levante, debemos esperar una influencia aún mayor de los francos sobre el Islam español. Ya hemos advertido[207] que los moros comenzaron a dar gran importancia a la caballería una generación después que Carlos Martel hubo introducido su reforma, y posiblemente se inspiraron en ésta. De todas maneras, hacia el siglo XIII los caballeros de la Reconquista impusieron los estilos a sus adversarios sarracenos. Ibn Sa'īd nos cuenta que "muy a menudo los príncipes y guerreros andaluces toman a sus vecinos cristianos como modelos en cuanto a su equipamiento. Sus armas son idénticas, lo mismo que sus sobrevestes de escarlata o de otras telas, sus pendones y sus sillas. Similar es también su manera de combatir con broqueles y lanzas largas para la carga. No usan la maza ni el arco de los árabes, pero sí las ballestas de los francos para los sitios, y con ellas equipan a la infantería para los encuentros con el enemigo."[208] Puesto que los bereberes del otro lado del Estrecho de Gibraltar no estaban en contacto tan frecuente con los ejércitos cristianos, Ibn Sa'īd destaca que podían utilizar un equipo liviano, mientras que el peligro cristiano obligó a los musulmanes de España a "soportar el peso del escudo, la lanza larga y gruesa y la cota de malla, y no pueden moverse con facilidad. En consecuencia, su único propósito consiste en mantenerse firmemente

---

[203] Ibid., 134-6, 154-5.

[204] Ibid., 137, 155, n. 2; L. A. Mayen, *Saracenic Heraldry*, a Survey (Oxford, 1933), no ofrece pruebas de influencias entre Oriente y Occidente.

[205] H. Ritter, "La Parure des cavaliers [de ibn Huḍail] und die Literatur über die ritterlichen Künste", *Der Islam*, XVIII (1929), 122, 127. W. B. Chau, *La Tradition chevalresque des arabes* (París, 1919), 28, 32-33, llega a la conclusión de que la idea de una "orden" de caballería había sido también adoptada a imitación de Occidente en el siglo XII.

[206] Ritter, op. cit., 147.

[207] *Supra*, pág. 28, n. 61.

[208] Citado por E. Lévi-Provençal, *L'Espagne musulmane au X^ème siècle* (París, 1932), 146.

pegados a la silla y formar con el caballo un verdadero conjunto acorazado."[209]

Pero la extensión más espectacular de la técnica militar de los francos, junto con todos los elementos sociales y culturales concomitantes, fue la conquista de Inglaterra por los normandos. Los anglosajones estaban familiarizados con el estribo[210], pero no modificaron lo bastante sus métodos de guerra en función de aquél. En la Inglaterra anglosajona había elementos señoriales, como los había habido en la Galia merovingia; pero no se registraba una acentuada tendencia al feudalismo o' a la creación de una élite de guerreros a caballo[211]. Haroldo, sus *thegns* (caballeros) y sus *housecarls* (guardias del rey), montaban caballos con estribos: en la batalla de Stamford Bridge, el rey noruego Haroldo Haardrade dijo de él: "Era un hombre pequeño, pero se afirmaba fuertemente sobre sus estribos"[212]. Sin embargo, cuando llegaron a Hastings desmontaron para combatir a pie, empleando el viejo estilo germano de la muralla de escudos[213] con que Carlos Martel había derrotado a los sarracenos en Poitiers.

En Hastings[214] los anglosajones contaban con la Ventaja de su posición sobre la colina de Senlac, probablemente superaban en número a los normandos y tenían a su favor la fuerza psicológica que comunica la

---

209 Véase pág. 168.

210 Sobre la espada anglo-sajona, véase *infra*, págs. 159-60. En el Támesis se ha encontrado un estribo del tiempo de los vikingos; cf. *London Museum Catalogues, Nº 1: London and the Vikings* (Londres, 1927), 39, fig. 17. Acerca del uso de la caballería por parte de los invasores nórdicos, ver J. H. Clephan, "The horsing of the Danes", *English Historical Review*, XXV (1910), 287-93, mejor que F. Pratt, "The cavalry of the Vikings", *Cavalry Journal*, XLII (1933), 19-21.

211 Stenton, op. cit., 125, 130-1.

212 *Heimskringla*, IV, 44, trad. por S. Laing (Londres, 1930), 230. R. Glover, "English warfare in 1066", *English Historical Review*, LXVII (1952), 5-9, aboga por el uso de esta última fuente para poder entender la batalla de Stamford Bridge.

213 W. G. Collingwood, *Northumbrian Crosses of the Pre-Norman Age* (Londres, 1927), 172, fig. 211, muestra un relieve anglosajón del año 1000 (aprox.), de Gosforth (Cumberland), donde se ve un ejército de guerreros provistos de espadas pesadas y escudos redondos superpuestos que forman una especie de muralla.

214 Cf. W. Spatz, *Die Schlacht von Hastings* (Berlín, 1896); A. H. Burne, *The Battlefields of England* (Londres, 1950), 19-45. En su brillante reevaluación no solamente de Hastings sino de toda la campaña que culminó con aquella batalla, R. Glover, op. oit., 1-18, demuestra que los anglosajones pudieron muy bien combatir como fuerza de caballería, y explica algunas de las circunstancias especiales que determinaron su retorno a la infantería en Senlac. Sin embargo (14, n. 3), Glover subestima al conservatismo iconográfico del tapiz de Bayeux en la representación de los métodos de combate de los normandos (cf. *infra*, pág. 164); sus conclusiones, como lo ha hecho notar G. W. S. Barrow, *Feudal Britain* (Londres, 1956), 34, no modifican el hecho esencial de que "Hastings fue una derrota decisiva de la infantería por la caballería y los arqueros".

lucha destinada a repeler del territorio propio a un invasor. A pesar de todo, el resultado era indudable: se trataba de un conflicto entre los métodos militares del siglo VII y los del siglo XI. Haroldo luchaba sin caballería y tenía pocos arqueros. Inclusive, los escudos ingleses eran obsoletos: el tapiz de Bayeux nos muestra que si bien los guardias del rey luchaban con escudos en forma de cometas
-debido tal vez a que Eduardo el Confesor se había educado en el continente-, la mayoría de los anglosajones estaban equipados con escudos redondos u ovalados[215]. Desde el primer momento Guillermo tomó la iniciativa con sus arqueros y su caballería, y los ingleses no pudieron hacer otra cosa que conservar su lugar y resistir a una fuerza atacante móvil que finalmente demostró ser irresistible.

Una vez que Guillermo hubo obtenido la victoria y la corona de Inglaterra, modernizó rápidamente su nuevo reino, es decir, lo feudalizó. Naturalmente, conservó e incorporó al orden anglo-normando todas las instituciones del régimen anglosajón que se adaptaban a sus propósitos; pero la innovación fue más evidente que la continuidad. Del mismo modo que trescientos años antes los carolingios, con la idea de fortalecer su posición, habían sistematizado y disciplinado deliberadamente las tendencias de larga data hacia el señorío en la sociedad franca, Guillermo el Conquistador utilizó la organización feudal plenamente desarrollada del siglo XI para crear el Estado europeo más poderoso de su generación[216].

A decir verdad, la Inglaterra de fines del siglo XI nos proporciona, dentro de la historia europea, el ejemplo clásico de la descomposición de un orden social a raíz de la brusca introducción de una técnica militar extraña. La conquista normanda es así mismo la revolución normanda. Pero no fue más que la propagación allende el Canal de una revolución que se había cumplido por etapas en el continente durante las diez generaciones anteriores.

Pocos inventos han sido tan sencillos como el del estribo, pero pocos ejercieron una influencia tan catalítica en la historia. Las necesidades de la nueva modalidad de guerra que el estribo hizo posible hallaron expresión en una nueva forma de sociedad europea occidental, dominada por una aristocracia de guerreros a quienes se concedían

---

[215] K. Pfannkuche, *Der Schild bei den Angelsachsen* (Halle a. S., 1908), 52-53.

[216] Véase pág. 169.

tierras para que pudiesen combatir con un estilo nuevo y altamente especializado. Inevitablemente esta nobleza creó formas y pautas culturales de pensamiento y emoción que respondían a la modalidad del combate con carga de caballería y a su posición social; como ha dicho Denholm-Young: "Es imposible ser caballero sin tener un caballo"[217]. El Hombre a Caballo, tal como lo hemos conocido durante el milenio pasado, fue posible gracias al estribo, que unió al hombre y su cabalgadura en un solo organismo combatiente. La Antigüedad imaginó el Centauro; la temprana Edad Media lo convirtió en el amo de Europa.

[217] Op. cit., 240.

2. LA REVOLUCIÓN AGRÍCOLA EN LA ALTA EDAD MEDIA

Desde el Período Neolítico hasta hace más o menos dos siglos, la agricultura ha sido la base de casi todas las demás ocupaciones del hombre. Antes de fines del siglo XVIII probablemente no existía ninguna comunidad establecida en la que por lo menos nueve décimas partes de la población no estuviesen directamente dedicadas a tareas rurales. Gobernantes y sacerdotes, artesanos y mercaderes, eruditos y artistas, formaban una minúscula minoría de la humanidad que descansaba sobre los hombros de los campesinos. Dadas estas circunstancias, cualquier cambio perdurable en el clima, fertilidad del suelo, tecnología o en las demás condiciones que afectan a la agricultura, necesariamente tenía que modificar a la sociedad entera: población, riqueza, relaciones políticas, tiempo libre y expresión cultural.

Sin embargo, esto no ha sido muy evidente para el mundo erudito: en ningún lugar aparecen más a la vista las raíces urbanas de la palabra "civilización" que en la desatención con que los historiadores han tratado al hombre de campo y a sus trabajos y sus días. Si bien el campesino ha sido normalmente un individuo vivaz y emprendedor, muy distinto de la caricatura trágica de rusticidad y virtud vapuleada que presentan Millet y Markham en "El hombre de la azada"[1], raras veces sabía leer y escribir. No solamente las historias sino también los documentos en general eran obra de grupos sociales que en gran medida daban por sentadas la condición del campesino y sus fatigas. De ahí que, mientras nuestras bibliotecas se hallan abrumadas de datos sobre la propiedad de la tierra, nos pasma la pobreza de informaciones acerca de los distintos y a menudo cambiantes métodos de cultivo, que hacían que valiese la pena poseer tierras[2].

---

[1] F. Martini, *Das Bauerntum im deutschen Schrifttum von den Anfängen bis zum 16. Jahrhundert* (Halle, 1944), espec. 390-3, analiza los antiquísimos elementos que entran en el estereotipo moderno del campesino, tal como aparecen en las obras de poetas y predicadores medievales. Por un lado, el campesino es obtuso, grotesco, a veces peligroso; por otro, es tesonero para el trabajo, apegado a las buenas tradiciones del pasado, proveedor de alimentos para toda la humanidad y amado por Dios en razón de su humildad. Cuando se examinan las realidades, no las ficciones, de la vida rural, se nos muestran tan caleidoscópicas como las de cualquier otra forma de la actividad humana; cf. C. Parain, "La Notion de régime agraire", *Mois d'ethnographie française*, IV (1950), 99, y "Les Anciennes techniques agricoles", *Revue de synthèse*, LXXVIII (1957), 326.

[2] Por ejemplo, A. Dopsch, "Die Herausgabe von Quellen zur Agrargeschichte des Mittelalters: em Arbeitsprogram", en *Verfassungs- und Wirtschaftsgeschichte des Mittelalters* (Viena, 1928), 516-42,

Seguramente habremos oído decir que a fines del siglo XVII y en el XVIII "Turnip"* Townshend y algunos otros agrónomos aventureros de Gran Bretaña y del continente perfeccionaron los cultivos de raíces y forrajes, reformaron la agricultura y de ese modo proporcionaron el excedente de alimentos que permitió a los trabajadores abandonar los campos y poblar las fábricas de la denominada Revolución Industrial. Sin embargo, se ignora casi por completo que la Europa septentrional, entre los siglos VI y IX, había ya presenciado una revolución agrícola anterior que resultó no menos decisiva en sus repercusiones históricas.

En la naturaleza de las cosas hay mucho que no conocemos, y que acaso nunca conoceremos con certeza, acerca de estos ternas. Por ejemplo, la costumbre que tienen los prehistoriadores de inscribir una región en la Edad del Hierro no bien excavan el primer trozo de hierro viejo, puede confundir nuestra visión de la realidad. El hierro fue durante largo tiempo un metal raro y costoso, utilizado casi exclusivamente en la fabricación de armas e instrumentos cortantes. Si bien hay mucho hierro en Pompeya, la impresión total que dejan sus ruinas es que a fines del siglo I aun una ciudad romana tan próspera como aquélla vivía todavía más en una Edad del Bronce que del Hierro. La Europa septentrional -sobre todo la Nórica- era mucho más rica en recursos de hierro que el Mediterráneo. Por los hallazgos parecería deducirse que en el período romano se usó más hierro para piezas de arado, palas, hoces, etcétera, al Norte de los Alpes que al Sur, pese a que de hecho cabría esperar que el más húmedo clima boreal hubiese destruido con más frecuencia en la zona norte, mediante la corrosión, las pruebas de la existencia del hierro.

Un aspecto del rápido desarrollo de la Europa septentrional en la época carolingia fue la excavación de grandes minas nuevas de hierro[3], que se supone abarataron este metal y, por consiguiente, aumentaron su disponibilidad tanto para usos comunes como para fines militares. El monje de St. Gall que escribía a fines del siglo IX nos cuenta que en el año 773 Carlomagno y sus huestes prepararon un ataque contra Pavía, capital del reino de los longobardos. Al asomarse a las murallas para ver al enemigo, el rey Desiderio se sintió sobrecogido por el espectáculo de

---

pone enteramente el acento en el aspecto legal e institucional.

* "Nabo". (T.)

[3] Véase pág. 169.

las armas y armaduras aglomeradas y relumbrantes de los francos: "¡Oh, el hierro! ¡Ah, el hierro!", exclamó, y el capitán que lo acompañaba cayó desfallecido[4]. Si bien el monje de St. Gall es notoriamente un novelista más que un historiador, sin embargo en este episodio simboliza, aun cuando no lo hace constar así, la verdadera transición de Europa, en la época de Carlomagno, a la Edad del Hierro.

A pesar de que no es posible contar con prueba estadística alguna, los historiadores de la agricultura coinciden en afirmar que el campesinado medieval utilizaba una cantidad de hierro que no hubiera podido imaginar ninguna población rural anterior, y que el herrero se convirtió en parte integrante de toda aldea[5]. No hay cómo demostrar lo que esto significó en cuanto al incremento de la productividad; sólo podemos imaginarlo.

En general, la historia de las herramientas y los utensilios es aún rudimentaria. Por ejemplo, se cree que un tipo nuevo de hacha de leñador, difundido en el siglo X, explica en buena parte la nueva y vasta extensión de tierra labrantía con que empezó a contarse alrededor de esa época[6]. Pero son tan escasos los arqueólogos o los historiadores que pueden observar un hacha con el ojo de un leñador profesional, apreciando el equilibrio de la hoja, la longitud y el ángulo del mango en relación con la tarea que habrá de realizarse, que la cuestión sigue envuelta en la incertidumbre. No obstante, algunas herramientas, el arado en particular, han sido estudiadas muy minuciosamente.

1
El arado y el sistema solariego

En el año 1895 A. Meitzen advirtió que la forma de arado utilizada principalmente en Alemania podía explicar muchas peculiaridades del ordenamiento de los campos y de la agricultura cooperativa que se encuentran a menudo en aldeas medievales[7]. Una generación de actividad erudita, no sólo en Alemania sino también en Francia, Gran

---

[4] "O ferrum! heu ferrum!", *Gesta Karoli*, II, 17, ed. H. Pertz, en *MGH, Scriptores*, II (1829), 760.

[5] Por ej. G. Duby, "La Révolution agricole médiévale", *Revue de géographie de Lyon,* XXIX (1954), 361, 364; H. Mottek, *Wirtschaftsgeschichte Deutschlands* (Berlín, 1957), 68.

[6] Duby, op. cit., 363.

[7] A. Meitzen, *Siedlung und Agrarwesen der Westgermanen und Ostgermanen, der Kelten, Romer, Finnen und Slaven* (Berlín, 1895), I, 272-84.

Bretaña, Escandinavia y los Estados Unidos, dio origen en 1931 a una síntesis que conocemos gracias a la pluma de Marc Bloch, tanto más persuasiva por cuanto sus convicciones se hallaban agradablemente adornadas con sus dudas, expresadas no solamente en esa época sino también durante la década siguiente en una brillante profusión de ensayos y reseñas de libros[8].

El arado señaló la primera aplicación de energía no humana a la agricultura. El arado más antiguo consistió esencialmente en un grueso palo excavador, arrastrado por un par de bueyes. Este primitivo arado liviano (*scratch-plough*) todavía se utiliza mucho alrededor del Mediterráneo y en las tierras áridas del Este, donde es más o menos eficaz en razón del suelo y del clima. Su reja cónica o triangular normalmente no rebate el suelo, y deja una cuña de tierra intacta entre surco y surco. Así, pues, se hace necesario arar en cruz (*cross-ploughing*), de donde resulta que, en las regiones en que se emplea el arado liviano, los campos tienden a ser más o menos cuadrados y su ancho es aproximadamente igual al largo. Al arar en cruz, el suelo se pulveriza, lo cual no sólo impide una indebida evaporación de la humedad en climas secos, sino que además contribuye a mantener la fertilidad de los campos por el hecho de sacar a la superficie substancias minerales del subsuelo mediante la atracción capilar.

Pero este tipo de arado y de cultivo no resultaba muy adecuado en muchas zonas del Norte de Europa, con sus húmedos veranos y los suelos generalmente más pesados. A medida que la agricultura se fue extendiendo a latitudes más elevadas, inevitablemente quedó confinada en buena parte a tierras altas bien avenadas y de suelos livianos, que por naturaleza eran menos productivos que las tierras bajas aluviales: el arado liviano no podía dar buen resultado en estos terrenos más ricos. Europa septentrional tuvo que crear entonces una nueva técnica agrícola y, antes que nada, un nuevo tipo de arado.

Uno de los obstáculos consistía en que los suelos pesados y húmedos ofrecen al arado mucha más resistencia que los terrenos livianos y secos, hasta el punto de que a menudo dos bueyes no alcanzan a desarrollar la energía de tracción necesaria para una labor eficaz. Nuestra primera prueba segura de que se había empezado a utilizar una

---

[8] M. Bloch, *Les Caractéres originaux de l'histoire rurale française* (Oslo, 1931), reimpreso (París, 1955) con un volumen complementario (1956) en el que se incluyen, recopilados por R. Dauvergne, los posteriores comentarios y modificaciones del propio Bloch.

nueva clase de arado proviene de mediados del siglo X d.C., época en que Plinio contrapone el arado liviano hallado en Siria al hecho de que "multifariam in Italia octoni boyes ad singulos vomeres anhelent"[9]. Sin temor de equivocarnos podemos suponer que no se refería a toda Italia sino al valle del Po, única parte del país donde, por razones de suelo y de clima, el arado pesado se usó mucho en épocas posteriores. En el párrafo siguiente es probable que Plinio hable de ese mismo tipo de arado cuando nos dice que "Non pridem inventum in Raetia Galliae [es decir, en las laderas de los Alpes italianos] duas adderent tali rotulas, quod genus vocant plaumorati"[10]. Aquí nos parecería estar frente al arado pesado "medieval", de ruedas, tirado por ocho bueyes. Y, si podemos aceptar la enmienda[11] del vocablo ininteligible "plaumorati" por ploum Raeti", tendremos entonces la primera aparición de la voz no clásica *plough*[*] (distinta de *aratrum*, que se aplicaba al arado liviano), y un indicio de que el arado pesado del valle del Po, al cual se refiere Plinio, es un reflejo de importantes innovaciones ocurridas entre los bárbaros establecidos al Norte de los Alpes.

Las ruedas del típico arado pesado facilitan su movilidad al pasar de un campo a otro y ayudan al labrador a regular la profundidad del surco, problema más difícil con varias yuntas de animales que con una sola. Pero para entender por qué el arado pesado llegó con el tiempo a afectar la vida toda de Europa septentrional, debemos ver claramente de qué manera aquél ataca al suelo. A diferencia del arado liviano, cuya reja simplemente socava los terrones, arrojándolos a uno u otro lado, el arado pesado tiene tres partes funcionales. La primera es una reja o cuchilla pesada, insertada en el travesaño o "cama" del arado, que corta los terrones hundiéndose en ellos verticalmente. La segunda es una reja chata que forma ángulo recto con la anterior y que corta a ras la tierra, horizontalmente. La tercera es una vertedera destinada a rebatir los terrones hacia la derecha o la izquierda, según su posición. Evidentemente, este arado es un arma mucho más formidable contra el suelo que el simple arado liviano.

---

[9] Plinio, *Naturalis historia*, XVIII, 18, ed. C. Mayhoff (Leipzig, 1882), III, 189.

[10] Ed. cit., III, 190.

[11] Propuesta en primer término por G. Baist, "Ploum-plaumorati", *Archiv für lateinische Lexikographie und Grammatik*, III (1886), 285-286.

[*] "Arado", en inglés. (T.)

A los fines de la agricultura en la Europa septentrional, reunía tres ventajas.

En primer término, el arado pesado removía los terrones con tanta violencia que no hacía falta arar en cruz. Esto ahorraba trabajo al campesino, con lo cual a su vez era mayor la superficie de tierra que éste podía cultivar. El arado pesado era una máquina agrícola que reemplazaba energía y tiempo humanos por energía animal.

En segundo lugar, el nuevo arado, al eliminar la tarea de arar en cruz, tendió a modificar la forma de los campos en el Norte de Europa, que en vez de cuadrados pasaron a ser alargados y estrechos, con un corte vertical ligeramente redondeado en cada franja, lo que contribuía eficazmente al mejor avenamiento de los campos en aquel clima húmedo. Estas franjas eran aradas normalmente en el sentido de las agujas del reloj, y los terrones giraban sobre si mismos y hacia adentro en dirección a la derecha. Como consecuencia, cada franja fue convirtiéndose con el correr de los años en una elevación baja y alargada, que aseguraba una cosecha en la cresta aún en los años de mayor humedad, y en la larga depresión intermedia, o surco, en las estaciones más secas.

La tercera ventaja del arado pesa do derivaba de las dos primeras: sin este arado resultaba difícil explotar las densas y ricas tierras bajas de aluvión, las cuales, debidamente trabajadas, solían rendirle al campesino cosechas mucho mejores que las que éste podía obtener en los suelos livianos de las tierras altas. Se creía, por ejemplo, que los anglosajones habían traído a la Bretaña celta en el siglo y el pesado arado germánico; gracias a este implemento empezaron a desmontarse los bosques que cubrían las tierras pesadas, y los campos cuadrados, denominados precisamente campos “celtas”, que desde mucho tiempo atrás eran cultivados en las tierras altas con el arado liviano, fueron abandonados y, en general, aún hoy permanecen desiertos.

Así, pues, el ahorro de mano de obra campesina, junto con las mejoras introducidas en el avenamiento de campos y la habilitación de los suelos más fértiles, todo ello posible gracias al arado pesado, se combinaron para expandir la producción y facilitar esa acumulación de excedentes de alimentos que presuponen el crecimiento demográfico, la especialización de funciones, la urbanización y el aumento del tiempo libre.

Pero el arado pesado, según Bloch, hizo algo más que revitalizar a la Europa septentrional elevando su nivel de productividad: desempeñó un papel decisivo en la remodelación de la sociedad campesina del Norte. El solar (*manor*) como comunidad cooperativa agrícola no fue, en realidad, característico de las tierras del Mediterráneo, sino solamente de regiones donde se utilizaba el arado pesado, y parece haber existido una relación causal entre arado y solar.

Como ya hemos visto, este arado, con su cuchilla, su reja y su vertedera, ofrecía una resistencia mucho mayor al suelo que el arado liviano, y así, por lo menos en sus formas primitivas, requería no una yunta de bueyes, sino cuatro; es decir, tal como lo señaló Plinio, ocho bueyes. Pocos campesinos poseían esa cantidad de bueyes. Si querían utilizar el nuevo y más productivo tipo de arado, tenían que compartir sus yuntas. Pero este sistema de utilización de algo en común entrañaba una revolución en la pauta del grupo campesino. La vieja forma cuadrada de los terrenos resultaba inadecuada para el nuevo arado; si se quería usarlo eficazmente, todas las tierras de una aldea debían ser reestructuradas en forma de vastos "campos abiertos" (*open fields*), sin cercas, arables en largas y estrechas franjas. Además, la única manera práctica de distribuir esas franjas era asignándolas por orden a los distintos campesinos propietarios del arado y de los bueyes, y que integraban el conjunto cooperativo. Un campesino podía de este modo "poseer" y cosechar cincuenta o sesenta pequeñas franjas diseminadas dentro del total de tierra arable de la aldea.

Evidentemente estas reducidas parcelas no podían ser explotadas individualmente sembrando cada cual lo que quisiera y cuando quisiera. Consecuencia de ello fue la formación de un poderoso consejo de campesinos de la aldea, encargado de dirimir las disputas y decidir en los detalles la forma en que debían administrarse todas las tierras de la comunidad. Estas disposiciones constituyeron la esencia de la economía solariega en la Europa septentrional. Sólo se la puede interpretar partiendo de la existencia del arado pesado. Al Sur del Loira y de los Alpes, donde el clima más seco estimulaba el viejo método de labranza con el arado liviano, la estructura social era muy diferente y mucho más individualista. En 1931 Bloch percibía todavía la división del

paisaje de su Francia natal en dos regiones, en función de aquellas dos tradiciones de la agronomía[12].

Nadie se dio cuenta mejor que el mismo Bloch de las lagunas y confusiones que ofrecían las pruebas aportadas en apoyo de su gran hipótesis; tampoco nadie tuvo más conciencia de la dificultad de asignar fechas precisas a las etapas de la evolución que él había descrito. En las décadas posteriores a la aparición de su libro se han formulado serias dudas prácticamente acerca de todos y cada uno de los puntos de su interpretación; sin embargo, no ha sido propuesta ninguna síntesis que la reemplace.

El arado resulta ser un implemento de variantes casi infinitas, que se resiste a admitir una neta división en arado liviano ("simétrico") y arado pesado ("asimétrico"), aunque más no sea porque la observación moderna demuestra que, inclinando un arado liviano, el agricultor puede rebatir los terrones[13]; además, el mayor desgaste en uno de los lados de ciertas muestras arqueológicas de rejas simétricas prueba que de hecho así se hacía en tiempos primitivos, por lo menos ocasionalmente[14]. El arado de rueda para ocho bueyes, descrito por Plinio, se conoce con un poco más de claridad; sobre la base de datos arqueológicos hoy sabemos que los romanos utilizaban un arado liviano provisto de ruedas [15], presumiblemente destinado a roturar a mayor profundidad y cuyo manejo, en consecuencia, requería mayor fuerza. Si su acción era lo suficientemente violenta, tal vez con un buen rastreado ya no hacía falta arar en cruz. Puesto que, a diferencia del arado de ruedas medieval, este instrumento agrícola romano tenía una "cama" curva, en vez de recta, podemos identificarlo con el *currus* mencionado por Virgilio, autor que nació en el valle del Po en el siglo I antes de Cristo[16]. En cuanto a

---

[12] E. Juillard y A. Meynier, *Die Agrarlandschaft in Frankreich: Forschungsergebnisse der letzten zwanzig Jahre* (Ratfsbona, 1955), 10-12.

[13] F. G. Payne, "The plough in ancient Britain", *Archaeological Journal*, CIV (1947), 93, lám. VIIa.

[14] F.G. Payne, "The British plough", *Agricultural History Review*, V (1957), 75-76; A. Steensberg, "Northwest European plough-types of pre-historic times and the Middle Ages", *Acta archaeologica* (Copenhague), VII (1936), 258; P. V. Glob, "Plows of the Dorstrup type found in Denmark", ibid., XVI (1945), 97, 104; A. G. Haudricourt y M. J. B. Delamarre, *L'Homme et la charrue* (París, 1955), 98.

[15] B. Bratanič, "On the antiquity of the one-sided plough in Europe, especially among the Slavic peoples", *Laos*, II (1952), 52-53, fig. 4; Haudricourt y Delamarre, op. cit., 111-12.

[16] *Georgica*, I, 174. Desconocedor de los hallazgos más recientes, A. S. F. Gow, "The ancient plow", *Journal of Hellenic Studies*, XXXIV (1914), 274, negó que éste pudiera ser un arado de ruedas, Sin embargo, Servio, el gran comentarista de Virgilio, lo identificó como tal en los primeros años del siglo V y atestiguó su uso en esa época en la región del Po; cf. *Servii grammatici qui feruntur in*

los ocho bueyes, precisamente por esta misma época, según parece, se iba desarrollando simultáneamente en toda Eurasia la posibilidad de poner arreos a animales colocados en fila: un relieve galorromano del Museo de Langres nos muestra dos tiros de caballos, uno detrás de otro, con sus arreos respectivos[17]; un ladrillo proveniente de Szechuan, que no es posterior al siglo II, muestra un carro de cuatro ruedas -rareza singular en la China de la dinastía Han- arrastrado por un tándem de dos caballos[18]; por último, en un antiguo documento de la India, cuya fecha no es fácil establecer, se habla de "esta cebada que ellos araban con tiros de ocho yuntas y tiros de seis"[19].

Después de la publicación del libro de Bloch, cundió durante varios años la euforia entre los eruditos; admitían éstos, en general, la idea de que la interrelación de las partes de un arado era tan necesaria que, partiendo de un fragmento, podía reconstruirse el todo, tal como un paleontólogo reconstruye un mastodonte a partir de un solo hueso. Un arado de armazón cuadrada hallado en un pantano de Dinamarca, en Tommerby, fue reconstruido con ruedas[20], aun cuando no existían pruebas de que en realidad las hubiese tenido; el descubrimiento de cuchillas belgas y romanas en Gran Bretaña indujo inmediatamente a atribuir a la invasión de Bélgica por los celtas (alrededor del año 75 a. C.) el haber introducido el arado completo de ruedas, el sistema de arar en franjas y aun tal vez los campos abiertos[21]. Pero si bien los arados de ruedas se hallan asociados sin duda alguna a los climas húmedos como lo demuestra el hecho de que en Iberia su área de distribución se limita exclusivamente a las costas portuguesa, gallega y vasca[22], algunos de los arados pesados más eficientes, sobre todo los destinados a suelos muy húmedos, carecen de ruedas[23]. Por lo demás, se han utilizado cuchillas en arados livianos, sin que de ninguna manera ello implicase la

---

Vergilii Bucolica et Georgica commentarii, ed. G. Thilo (Leipzig, 1887), III, 1, 173: "Currus autem dixit propter morem provinciae suae, in qua aratra habent rotas, quibus iuvantur".

[17] **Véase** pág. 169.

[18] R. C. Rudolph, *Han Tomb Art in Western China* (Los Angeles, 1951), 33-34, lám. 84.

[19] **Véase** pág. 169.

[20] **Véase** pág. 170.

[21] J. B. P. Karlslake, "Plough coulters from Silchester", *Antiquaries Journal*, XIII (1933), 455-63; R. G. Collingwood, "Roman Britain", en *An Economic Survey of Ancient Roma*, ed. T. Frank (Baltimore, 1937), 74, 77-78.

[22] J. Dias, "Día portuguesischen und spanischen Pflüge", *Laos*, I (1951), 130, fig. 12; cf. 132-33.

existencia del arado pesado[24]. De hecho, es posible que los romanos hayan insertado la cuchilla en una armazón aparte, que iba delante del arado liviano[25].

Y aun cuando Bloch había desarrollado las dos ecuaciones básicas de Meitzen, primera que arado liviano = campos más o menos cuadrados, y segunda, que cuchilla + reja horizontal + vertedera + ruedas = franjas = campos abiertos = agricultura comunal, pronto se echó de ver que no existe una correlación absoluta entre la forma del campo y la del arado. Aunque desde las épocas más antiguas se aró en cruz con arados livianos, a veces en terrenos sorprendentemente barrosos[26], también se los utilizó para arar en franjas; una muestra que ha llegado hasta nuestros días mide de largo veintidós veces más que de ancho[27]. Si bien estas franjas por lo general son simplemente adyacentes a campos de forma más bien cuadrada, en Finlandia se cultivaron por largo tiempo complicados sistemas de franjas con arados livianos[28], como se hace actualmente en Siria[29] y Cerdeña[30], en este último caso con una gama completa de campos abiertos y régimen comunal. En el México anterior a la conquista, los indios nahua, que desconocían por completo el arado, contaban con campos abiertos de franjas para cultivo privado[31], en tanto que a principios de la Edad del Hierro ciertos campos largos y estrechos de los Países Bajos no eran trabajados con el arado sino con la azada[32]. En razón de tales argumentos, las escasas condiciones de

---

[23] Payne, en *Archoeological Journal*, CIV, 97.

[24] E. Lennard, "From Roman Britain to Anglo-Saxon England", en *Wirtschaft und Kultur: Festschrift A. Dopsch* (Baden [Austria], 1938), 69-70; Paync, op. cit., 92, 96.

[25] Haudricourt y Delamarre, op. cit., 108-110.

[26] P. Kjaerurn, "Criss-cross furrows: plough furrows under a Stone Age barrow in Jutland", *Kuml* (1954), 28.

[27] G. Hatt, *Oldtidsagre* (Copenhague, 1949), 156-57; K. Wührer, "Die agrargeschichtliche Forschung in Skandinavien zeit 1945", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, V (1957), 77; D. Hannerberg, "Die Parzellierung vorgeschichtlicher Kammerfluren und deren späterer Neuparzellierung durch 'Bolskifte' und 'Soiskifte'", ibid., VI (1958), 26.

[28] E. Jutikkala, "How the open fields came to be divided into numerous selions", *Sitzungsberichte der Finnischen Akademie der Wissenschaften* (1952), 140.

[29] A. Latron, *La vie rurale en Syrie et au Liban* (Beirut, 1936), 20.

[30] M. LeLannou, "Sur les origines de l'openfield", *Livre jubilaire offert à Maurice Zimmermann* (Lyon, 1949), 111-18.

[31] O. Schmieder, *The Settlements of the Zapotec and the Mije Indians, State of Oaxaca, Mexico* (Berkeley, 1930), 27-29, fig. 3; 82, plano 2.

[32] Hatt, *Oldtidsagre*, 166.

cultivos en franjas[33] en la Gran Bretaña romana no pueden ser invocadas como prueba de la presencia de ningún tipo determinado de arado.

En todos los lugares en que el sistema de herencia permite la división de la tierra entre los herederos, se registra cierta tendencia hacia los terrenos en forma de franjas. En realidad, y como una reacción contra la tesis de Meitzen, ha llegado ahora a sugerirse que ese sistema de herencia pudo tal vez haber dado origen a un arado adecuado al cultivo en franjas[34]. De ello se infiere que no existe en absoluto vinculación alguna entre el cultivo en franjas y los campos abiertos o la agricultura comunal. El cultivo en franjas obtuvo una difusión, mucho mayor que los campos abiertos y predomina en regiones que nunca fueron objeto de cultivo comunal[35].

De igual manera, no deben confundirse la franja y el sistema de cresta y surco: en muchas regiones de suelo liviano se cultivaban franjas lisas[36]. La finalidad esencial de la cresta y el surco era el avenamiento[37], y acaso secundariamente, en ciertos terrenos, la extracción de minerales del subsuelo que aparecían en los surcos[38]. La influencia de la clase de terreno y del régimen del agua parece haber sido normalmente decisiva. En la región de Osnabrück, por ejemplo, los campos más antiguos ocupan lugares relativamente altos y secos, y las crestas tienden a correr en el sentido de la ladera para facilitar la evacuación del agua[39]. En la Baja Normandía se observa una correlación general, aunque no invariable, entre el cultivo en franjas y los campos abiertos, y los suelos

---

[33] L. Aufrère, "Les Systèmes agraires dans les Isles Britanniques", *Annales de géographie*, XLIV (1935), 398, fig. 5; J. D. M. Stuart y J. M. Birkbeck, "A Celtic Village on Twyford Down", *Proceedings of the Hampshire Field Club and Archoeologicai Society*, XIII (1938), 188-200; O. G. S. Crawford, *Archaeology in the Field* (Londres, 1953), 206-07, fig. 37.

[34] H. Mortensen, "Die mittelalterliche deutsche Kulturlandschaft und ihr Verhältnis zür Gegenwart", *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*, XLV (1958), 30.

[35] J. Tricart y M. Rochefort, "Le Problème du champ allongé", Comptes rendus du Congrès International de Géographie, Lisbonne, 1949, III (1951), 495-96; E. Otremba, "Die Entwicklungsgeschichte der Fluren im oberdeutschen Altsiedelland", Berichte zur deutschen Landeskunde, IX (1951), 371, 378; H. L. Gray, *English Field Systems* (Camhridge, Mass., 1915), 272-304; D. C. Douglas, *Social Structure of East Anglia* (Oxford, 1927). 205-06.

[36] E. Kernidge, "Ridge and furrow and agrarian history", *Economic History Review*, 2ª serie, IV (1951), 18-19.

[37] Véase pág. 170.

[38] Véase pág. 170.

más llanos y pesados[40]. Es probable que la misma clase de arado haya sido utilizada de distintas maneras en diferentes contextos.

Resulta evidente, entonces, que en la estructura del arado y en la disposición de los campos existen muchos pares de elementos entre cuyos componentes no hay ninguna relación constante y necesaria. Pero aun cuando todo pueda variar según el clima, los suelos, la topografía, las normas sobre herencia, la tradición, los gustos o los caprichos personales, en la práctica se advierten muchas relaciones normalmente constantes. Eruditos como Meitzen y Bloch poseían un perspicaz sentido de lo fáctico y observaron en cada caso el término medio. En el continente, al Norte del Loira y de los Alpes, los arados pesados poseían habitualmente el equipo completo de cuchilla, reja horizontal, vertedera y ruedas. Las regiones en que se utilizaron estos arados están casi siempre, o por lo menos lo estuvieron hasta hace poco tiempo, cultivadas en franjas. Una elevada proporción de la zona dispuesta en franjas se hallaba asimismo organizada según el sistema de campos abiertos, que implicaba un régimen de labranza comunal. Tal fue la "característica" economía solariega, que a fines de la Edad Media se extendía, con interrupciones en determinadas zonas debido a circunstancias especiales, desde Irlanda por el Oeste hasta la Suecia meridional y las tierras eslavas por el Este.

El enriquecimiento de la erudición en el campo de la historia de la agricultura durante las décadas recientes ha aportado no sólo nuevas informaciones, sino también una mayor cautela en la evaluación de las pruebas. ¿Es ya posible reconstruir la evolución, la combinación en pautas normales de relación y la difusión de los diversos elementos concernientes a los arados y a los campos?

Según ya hemos visto, por lo menos en el valle del Po los romanos utilizaron tiros de muchas bestias y arados livianos provistos de ruedas. Al Norte de los Alpes utilizaban a veces cuchillas, pero no sabemos en qué tipo de arados iban insertadas, si es que en realidad no eran piezas independientes. En algunas ocasiones los romanos emplearon un arado

---

[39] G. Wrede, "Die Langstreifenfluren in Osnabrücker Lande: ein Beitrag zur ältesten Siedlungsgeschichte im frühen Mittelalter", *Osnabrücker Mitteilungen*, LXI (1954), 59-60.

[40] P. Brunet, "Problèmes relatifs aux structures agraires dans la Basse-Normandie", *Annales de Normandie*, y (1955), 120-121. Según M. de Boüard, "Paysage agraire et problèmes de vocabulaire: le bocage et la plaine dans la Normandie médiévale", *Revue historique de droit français et étranger*, XXXI (1953), 327-28, la dispersión de las posesiones aisladas en los campos abiertos no se produjo en Normandía hasta el siglo XIII.

con dos aletas o flancos simétricos para abrir surcos[41], probablemente cuando araban con fines de avenamiento. Para una mente moderna resulta inconcebible que no tuviesen arados de una sola aleta destinados simplemente a empujar los terrones a un costado. Sin embargo, al parecer la Antigüedad no contaba con nada que se asemejase a una vertedera[42]. Los escasos vestigios de lo que pudieron ser campos alargados en la Gran Bretaña romana son ambiguos: si se trataba de experimentos de un nuevo método agrícola, su influencia no se extendió ni siquiera en Gran Bretaña. En esa isla los romanos y los celtas prosiguieron trabajando los suelos más livianos y eludiendo las zonas que exigían mayor esfuerzo, pero que rendían mucho más[43]. A pesar de cierto fermento de ideas nuevas, los romanos avanzaron poco en la solución de los problemas agrícolas característicos del Norte.

Una nueva e importante prueba sobre los orígenes del arado pesado proviene de la filología. La terminología, del arado en los idiomas teutónicos, celtas y románicos es singularmente caótica. Pero B. Bratanič, de la Universidad de Zagreb, ha demostrado que veintiséis términos técnicos relacionados con el arado pesado y con los métodos de labranza basados en su uso (inclusive las voces que designan maneras de trazar crestas y surcos) se encuentran en los tres grandes grupos lingüísticos eslavos, el oriental, el occidental y el meridional. Esto significa que él arado pesado y su uso tanto para el cultivo en franjas como para el trazado de crestas eran conocidos por los eslavos unificados antes de su separación a fines del siglo VI[44]. Además, todo este vocabulario es eslavo, con excepción de la palabra clave *plug*, o sea, *plough*. Esta última pertenece a un grupo misterioso de voces que empiezan con *p* (por ejemplo *path* y *penny*), que aparentemente no son de origen eslavo, ni teutónico, ni celta, ni románico[45]. Bratanič adjudica

---

[41] Payne, *Archaeological Journal*, CIV, 97, lám. VIII; *History of Technology*, ed. Singer, II (1956), fig. 49.

[42] F. Harrison, "The crooked plough", *Classical Journal*, XI (1915-16), 323-32.

[43] S. Applebaum, "Agriculture in Roman Britain", *Agricultural History Review*, VI (1958), 69; Collingwood, op. cit., 75.

[44] B. Bratanič, "On the antiquity of the one-sided plough in Europe, especially among the Slavic peoples", *Laos*, II (1952), 56-58; cf. J. Janko, "Uber Berührung der alten Slaven mit Turko-tataren und Germanen, vom sprachwissenschaftlichen Standpunkt", *Wörter und Sachen*, I (1909), 105; M. Bloch, "Champs et villages", *Annales d'histoire économique et sociale*, VI (1934), 475.

[45] Oxford English Dictionary s. v. "plough"; cf. H. Schneider, *Germanische Altertumskunde*, 2ª ed. (Munich, 1951), 92. Los esfuerzos de E. Werth, *Grabstock, Hacke und Pflug* (Ludwigsburg, 1954), 193-94, para demostrar que el arado de ruedas tuvo origen en el Sur de Alemania, aduciendo que

la invención del arado pesado no a los eslavos sino a "alguna cultura campesina del Norte" aún no identificada. Puesto que el vocabulario eslavo creado a partir de la palabra *plug* se habría desarrollado probablemente con gran rapidez una vez que los eslavos contaron con el arado pesado, no hay razón alguna para que fijemos la fecha de introducción de este elemento mucho antes de que la invasión de los ávaros, en el 568, aislase a los eslavos del Sur del frecuente contacto con pueblos que hablaban otras variantes de aquella familia lingüística.

En las correrías de sus tribus los godos estuvieron en estrecho contacto con los eslavos, y cuando estos últimos poseían algún objeto superior, aquéllos tendían a adoptar tanto ese objeto como la palabra que lo designaba; por ejemplo, las admirables espadas eslavas laminadas los indujeron a apropiarse de la palabra *meki* como equivalente de "espada"[46]. En el siglo V los godos de Transilvania usaban cuchillas[47], pero evidentemente las empleaban como elementos separados o bien con arados livianos, ya que la palabra goda para arado es *hôha*[48], emparentada con *hoe*[49*]. Cuando los anglos y los sajones en oleadas sucesivas invadieron Gran Bretaña entre el 449 y el 584, al parecer sólo llevaban un tipo de arado liviano que denominaban *sulh*, voz emparentada con el término latino *sulcus*, o sea surco . En la Renania la palabra *carruca*, que posteriormente significó "arado de ruedas" (en francés *charrue*[**]) significa todavía "carro de dos ruedas" y no "arado" en la *Lex Salica*, que data más o menos de los años 507-511[50].

Si rechazamos la discutible enmienda de *plaumorati* en el texto de Plinio[51], la palabra *plough* [arado] aparece por vez primera en el año 643

---

en el Este, Oeste y Norte su aparición es más reciente, revelan cierta indecisión.

[46] Cf. B. P. Lozunski, en *Speculum*, XXXIII (1958), 420.

[47] Acerca de un hallazgo en Szilágy-Serulyo, cf. A. Bashmakoff, "L'Evolution de la charrue à travers les siècles au point de vue ethnographique", *L'Anthropologie*, XLII (1932), 86

[48] OED, loc. cit.; W. Mitzka, "Pflügen und seine Wortgeographie", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, VI (1958), 113.

[49] OED, loc. cit

[*] "Azada", en inglés. (T.)

[**] En castellano también existe la voz "charrúa" (arado compuesto). (T.)

[50] H. Geffcken, *Lex salica* (Leipzig, 1898), 139; acerca de la fecha, cf. R. Buchner, *Die Rechtsquellen, anexo de Deutschlands Geschichtsquellen im Mittelalter*. ed. W. Wattenbach y W. Levison (Weimar, 1953), 17. T. Frings, "Deutsch *Karch* 'Wagen', französisch *charrue* 'Pflug' ", *Zeitschrift für Volkskunde*, XL (1930), 100-05, presenta más pruebas filológicas de que el arado pesado fue introducido en el Sur y Oeste de Alemania en la época de los francos.

[51] *Supra*, pág. 58, n. 11.

en Italia septentrional, bajo la forma longobarda latinizada *plovum*[52]. En los años 724-730 la *Lex Alemannorum* revela que en Alemania sudoccidental *carruca* había pasado a significar un arado con dos ruedas en la parte delantera[53], en tanto que a principios del siglo IX la nueva acepción había habitualmente relegado a segundo plano a la antigua, si en realidad no la había desplazado por completo, al menos en las partes septentrionales del reino de los francos[54].

Del otro lado del Canal de la Mancha no se ha prestado bastante atención al hecho de que el término inglés *plough* deriva del escandinavo antiguo *plógr*[55]. Si bien la forma anglosajona *ploh* no ha sido registrada antes del año 1100 (aprox.)[56] probablemente el vocablo escandinavo fue introducido en Gran Bretaña durante la invasión y asentamiento de los daneses en el Nordeste de Inglaterra, desde mediados del siglo IX hasta avanzado el siglo XI. La importancia de estos hechos lingüísticos se ha visto desmerecida por la opinión[57] según la cual la existencia entre los anglosajones de campos abiertos estructurados en franjas se halla documentada por las leyes del rey Ine de Wessex, cronológicamente ubicables en los años 688 a 694, y de que semejante estructura de los campos suponía un arado pesado que, sin duda alguna, debió de haber sido traído por los primeros, invasores germanos, si no ya por los belgas celtas cinco siglos antes.

Kirbis, en cambio, ha puntualizado en primer lugar que el texto llegado hasta nosotros de las leyes de Ine es una reedición debida a Alfredo el

---

[52] *Edictus Rotharii*, en *MGH, Leges*, IV, 69, 373; acerca de la fecha, cf. Buchner, op. cit., 34. Teniendo en cuenta las pruebas eslavas, no hay que tomar en serio la pretensión de L. Franz, "La Terra natale dell'aratro a carrello, l'Italia", en *Rivista di scienze preistoriche*, V (1950), 95-96, de que los longobardos aprendieron esta palabra en Italia.

[53] *Lex Alemannorum*, XCVI, § 2: "si carrucam inviolat, aut rumpit rotas primerias"; según otra versión: "...rotas de davante", cf. *MGH, Leges*, III, 80, 116; en cuanto a la fecha, cf. Buchner, op. cit., 31.

[54] K. Verhein, "Studien zu den Quellen zum Reichsgut der Karolingerzeit", *Deutsches Archiv für Erforschung des Mittelalters*, X (1953-54), 352, 55, esp. n. 229.

[55] OED, loc. cit.

[56] *Leechdoms, Wortcunning, and Starcraft of Early England*, ed. O. Cockayne (Londres, 1866), III, 286.

[57] F. Seebohm, *The English Village Community*, 4ª ed. (Londres, 1890), 109; Cray, op. cit., 61-62; R. Trow-Smith, *English Husbandry* (Londres, 1951), 38, el cual, sin embargo, insiste (34-35) en que no sabemos prácticamente nada acerca del desarrollo de la agricultura anglosajona. Sólo podemos apreciar su resultado final: que la Inglaterra del *Domesday Book* de 1086 se hallaba muchísimo mejor cultivada que la Bretaña que Roma había abandonado. Pero todavía no nos es posible establecer con exactitud en qué momento del lapso intermedio se produjo el avance principal.

Grande (871-901), presumiblemente puesta al día en algunos aspectos; en segundo lugar, que la versión alfrediana de las leyes de Ine no menciona campos abiertos ni agricultura aldeana cooperativa, sino solamente franjas y campos de pastoreo comunes[58]. Existen algunas pruebas de que los campos de los primeros colonizadores germánicos asentados en Inglaterra estaban dispuestos en franjas[59], pero ya hemos visto anteriormente que las franjas pueden ser labradas por un arado liviano. La existencia de campos abiertos no se encuentra documentada con certeza entre los anglosajones hasta el siglo X[60]. Más o menos en el 945 las leyes galesas de Hywel Dda[61] hablan claramente del arado pesado y de la labranza de campos abiertos en franjas bajo el control de la comunidad: cada tiro de arado debía arar por lo menos doce franjas de un acre antes de que los animales se separasen, asignándose una franja por cabeza al labrador, al conductor, al propietario de las cuchillas del arado, al dueño de la armazón del arado y, finalmente, a los respectivos propietarios de cada uno de los ocho bueyes. Si los invasores daneses trajeron consigo un arado tan especial que los anglosajones se sintieron movidos a adoptar el nombre que se le daba en esa lengua extranjera, no hay motivo para creer que ellos o los galeses tardasen en adoptar el objeto mismo en zonas donde podían emplearlo provechosamente.

Tenemos una prueba más de que el arado pesado plenamente perfeccionado llegó a Gran Bretaña introducido por los daneses. A juzgar por el testimonio de Beda y de todos los demás escritores de la antigua Northumbria, los anglosajones distribuían regularmente las tierras en unidades de *hide*, es decir, lo suficiente como para mantener a una

---

[58] W. Kirbis, "Siedlungs- und Flurformen germanischer Lander, besonders Grossbritanniens, im Lichte der deutschen Siedlungsforschung", *Göttinger geographisch Abhandlungen*, X (1952), 45-47.

[59] Ibid., 29-30.

[60] Gray, *English Field Systems*, 57; menciona cartas de privilegio cuyo lenguaje revela la existencia de campos abiertos; la primera acta data de 904, la siguiente de 953; de ahí en adelante son frecuentes; cf. J. M. Kemble, *Codex diplomaticus aevi saxonici* (Londres, 1839-48), nº 339, 1169.

[61] A. Owen, *Ancient Laws and Institutions of Wales* (Londres, 1841), I, 153; cf. F. G. Payne, "The Plough in ancient Britain", *Archaeological Journal*, CIV (1947), 84-85. Si bien en la mayoría de las zonas este sistema de distribución cayó a la larga en desuso y los individuos lograron obtener la propiedad permanente de determinadas franjas, en los primeros tiempos se hallaba aparentemente muy difundido, puesto que, como Trow-Smith lo puntualiza (op. cit., 46), los registros tardíos muestran que a menudo se repite este mismo esquema de propiedad dentro de un campo: "Las tierras de B quedan siempre entre las de A y las de C". En 1682, en el condado de Westmeath (Irlanda) todavía se asignaban franjas según la contribución de cada individuo al equipo de labranza; cf. D. McCort, "Infield and ouffield in Ireland", *Economic History Review*, 2ª serie, VII (1954-55), 373.

familia: "terra unius familiae"[62]. En Escandinavia, obviamente a raíz del uso del arado pesado de ocho bueyes, se impuso otro tipo de división de la tierra: la unidad básica era el *bol*, dividido en octavos o *åttingar*[63]; según parece, se consideraba que la tenencia corriente del campesino era el *mark* o dos *åttingar*, o sea el equivalente de una yunta de bueyes. Ningún texto menciona el *bol* antes del año 1085[64], pero puesto que aparecen vestigios de esta unidad en comunidades colonizadas alrededor del 900 por los escandinavos en Normandía[65], debe de remontarse a la época de los vikingos. En 1936 Homans señaló que, aun cuando en Gran Bretaña no se registra la terminología danesa, las regiones que más sufrieron la colonización y la influencia de los daneses revelan un sistema de división de tierras que contrasta marcadamente con el tradicional sistema anglosajón del *hide*, pero que corresponde exactamente al *bol* y al *åttingar*, denominados actualmente *ploughland* (tierra labrantía) y *oxgang* (yunta de bueyes). Homans llegó a la conclusión de que esto sólo resultaba inteligible como una importación danesa[66]. En el 1066 los conquistadores normandos reconocieron allí un tipo de división de tierras que les era familiar en Normandía[67], tanto que aplicaron espontáneamente la voz latinizada *carrucate* a la unidad básica, que se dividía en ocho *bovates*; normalmente estos *bovates* se agrupaban en pares, de suerte que en cada *carrucate* se formaban cuatro *virgates*. Como esta forma particular de división de la tierra, en contraste con la división en *hides*, depende tecnológicamente del arado pesado de ocho bueyes utilizado en campos abiertos y dentro de un régimen agrícola comunal, cabe inferir que el *plógr* fue de hecho una novedad introducida por los invasores daneses de fines del siglo IX y comienzos del X. Probablemente el nuevo arado se difundió muy pronto en zonas donde continuaban en vigencia las antiguas divisiones de la

---

[62] R. Lennard, "The origin of the fiscal carrucate", *Economic History Review*, XIV (1944), 58

[63] D. Hannerberg, *Die älteren skandinavischen Ackermasser* (Lund, 1955), passim, señala que, al igual que todas las medidas de tierra de esta clase, el *bol* a la larga perdió su relación con su origen funcional: debido al cambio del ana de 1½ a 2 pies, el *bol* llegó a constar de 6 *åttingar* en vez de 8.

[64] C. Parain, "Travaux récents sur l'histoire rurale de Danemark", *Annales de Normandie*, II (1952), 127.

[65] A. Steensberg, "Modern research on agrarian history of Denmark", *Laos*, I (1951), 198; Paraun, loc. cit.

[66] G. C. Homans, "Terroirs ordonnés et champs orientés: une hypothèse sur le village anglais", *Annales d'histoire économique et sociale*, VIII (1936), 438-48; cf. Steensberg, op. oit., 195.

[67] Lennard, op. cit., 62, n. 3.

tierra, a pesar de la nueva tecnología agraria. Da un indicio de la preferencia de parte de los campesinos el hecho de que, cuando Yorkshire fue repoblado a principios del siglo XII, después de la espantosa devastación de 1069, se utilizaron como unidades habituales de tenencia de tierra los *bovates* y *virgates* de la ley danesa, en lugar de los *hides*[68].

¿Qué es, entonces, lo que hoy sabemos acerca del origen del arado pesado? Los eslavos lo recibieron de procedencia desconocida, pero aparentemente todavía no lo tenían a principios del siglo y, cuando aún estaban en contacto con los godos. En cambio, a fines del siglo VI ya asaban ese tipo de arado y habían terminado de perfeccionar por completo sus aplicaciones para la labranza no sólo según el sistema de franjas, sirio de franjas compuestas de crestas y surcos. Existen toda clase de razones para creer que tal evolución debió de producirse con gran rapidez dentro de un contorno favorable. Por lo tanto, no podemos ubicar con seguridad el arado pesado en una fecha anterior al siglo VI.

Al considerar su difusión, debemos admitir que si bien la nueva productividad que este arado posibilitaba habría de determinar un acelerado crecimiento demográfico, sólo podía ser adoptado en regiones donde la colonización había alcanzado cierta densidad[69]. Era de por sí un implemento costoso, y también resultaba costosa su utilización[70]. Una familia aislada no podía contar con él; al grupo de cuatro a diez familias que integraban comúnmente un caserío le resultaba sin duda difícil embarcarse en tal empresa. Únicamente en zonas donde ya existían poblaciones del tipo de la aldea era probable que pudiera adoptarse el nuevo arado. Y aun en estos casos se tropezaba con un no

---

[68] A. M. Bishop, "Assarting and the growth of the open fields", *Economic History Review*, VI (1935), 17.

[69] La escasez de población en las selvas de Polonia y en las llanuras de Hungría puede explicar el hecho de que aun en la Polonia del siglo IX no hubiese prosperado una agricultura del arado; en Hungría no hay pruebas de la existencia del arado pesado hasta el siglo XI; cf. W. Hensel, "Agriculture of the Slavs in Poland in the early Middle Ages", Sprawozdania Pánsttvowe Museum Archeologicniego (Varsovia), IV, III (1951), 45; M. Belényesi, "Die Grundfragen der Entwicklung des Ackerbaues im XIV. Jahrhundert", *Ethnographia*, LXV (1954), 415.

[70] El hecho de que ninguna representación medieval nos muestre un arado tirado por más de cuatro bueyes ha inducido a algunos estudiosos a considerar como una ficción el arado de ocho bueyes. Sin embargo, dando por sentado que a menudo los arados eran arrastrados por tiros más pequeños -y más grandes-, la división corriente de la unidad básica de tierra arable en ocho secciones y la curva en forma de S invertida que se observa en tantas franjas (*infra*, p. 71, n. 75) y que difícilmente podría explicarse pensando en un tiro de menos de cuatro yuntas, hacen que se considere probable la hipótesis de que el arado de ocho bueyes era común en los comienzos del período posterior a la introducción del arado pesado.

pequeño obstáculo psicológico: para que su utilización fuese más eficaz, el nuevo arado exigía campos abiertos y, para que se diera esta condición, debían abolirse todos los derechos anteriores de propiedad en bloques o franjas determinadas.

En los últimos años, especialistas alemanes en geografía histórica han llegado a la conclusión de que probablemente hacia fines del siglo VI y con certeza durante el VII, en Alemania central y sudoccidental y en la Renania comenzó a registrarse un notable aumento de población, de habilitación de tierras labrantías y de colonización, que fue gradualmente extendiéndose a otras regiones[71], y que tal expansión parece estar vinculada con el florecimiento de los campos abiertos[72]. En una región se estima que a fines del siglo VII la población se había cuadruplicado con respecto a la época del Imperio Romano[73]. El cambio que hemos señalado más o menos hacia esta época en el significado de la voz *carruca* en la cuenca del Rin revela que el arado pesado era un elemento esencial en este proceso de evolución y que explica en buena parte la explosiva vitalidad del reino carolingio en el siglo VIII. Aun cuando no es posible precisar la fecha exacta de llegada del nuevo arado a Escandinavia, se sospecha que sus efectos sobre la población pueden haberse traducido en la expansión de los vikingos que se inició alrededor del 800. Sea como fuere, los escandinavos llevaron consigo el arado pesado y el método de división de tierras más adecuado al uso de aquél, cuando en las postrimerías del siglo IX se asentaron en el Danelaw*, en Inglaterra, y luego en Normandía.

---

[71] F. Steunbach, "Geschichtliche Siedlungsformen in der Rheinprovinz", *Zeitschrift des Rheinisohen Vereins für Denkmalspflege und Heimatschutz*, XXX, LI (1937), 19; L. Franz, "Zur Bevölkerungsgeschichte des frühen Mittelalters", *Deutsches Archiv für Landes- und Volksforschung*, II (1938), 404-16; F. Firbas, *Spätund nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen* (Jena, 1949), I, 366; H. Dannenbauer, "Bevölkerung und Besiedlung Alemanniens in der fränkischen Zeit", *Zeitschrift für württembergische Landesgeschichte*, XIII (1954), 13-14; A. Timm, *Studieri zür Siedlungs- und Agrargeschichte Mitteldeutschlands* (Colonia, 1956), 17-18; J. C. Russell, "Late ancient and medieval population", *Transactions of the American Philosophical Society*, XLVIII, III (1958), 42, 140.

[72] H. Mortensen, "Die mittelalterliche deutsche Kulturlandschaft und ihr Verhaltnis zur Gegenwart", *Vierteljahrsohrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*, XLV (1958), 31-32.

[73] H. Stoll, "Bevölkerungszahlen aus frühgeschichtliche Zeit", *Die Welt als Geschichte*, VIII (1942), 72.

* Nombre anglosajón del territorio colonizado por los ejércitos daneses durante las invasiones escandinavas en época del rey Alfredo (fines del siglo IX). Comprendía el Norte, centro y Este de Inglaterra. (T.)

Aunque indudablemente los campos en franjas eran ya comunes antes de aparecer el arado pesado, no es probable que el arado liviano produjese normalmente la configuración de cresta y surco que, en suelos necesitados de avenamiento, caracterizaba el tipo mejorado de cultivo. Si los campos fósiles donde se observan estas crestas pudiesen ser fechados arqueológicamente, ello contribuiría a nuestro mejor conocimiento de la difusión del arado[74]. En particular, sería útil fijar la fecha de cualquier franja ligeramente curvada en forma de S, dado que esta curva se originaba al maniobrar con un arado tirado por muchos animales, cerca del extremo de la franja[75]. Si aquéllas estuvieran esparcidas por toda Europa septentrional, los métodos de los historiadores ingleses locales podrían enseñarnos mucho acerca de la difusión exacta del sistema de campos abiertos y los motivos por los cuales en ciertas regiones no se adoptó tal sistema[76].

Pero tal como lo ilustra el caso de Cerdeña[77], es posible que el arado pesado no haya sido el único móvil que indujo a adoptar el sistema de campos abiertos. De hecho, en la agricultura existen comúnmente por lo menos dos razones para hacer algo. Una de las funciones principales del sistema de campos abiertos consistía en aumentar las facilidades para la cría de ganado, dedicando al mismo tiempo el máximo de tierra laborable a la producción de granos. Aun después de su migración a las Galias, los francos siguieron prefiriendo la ganadería a la agricultura[78].

---

[74] Poco se ha avanzado en esta materia después de la obra clásica de C. Frank, *Die Hochäcker* (Kaufbeuren, 1912), resumida en O. Frank, "Forschungen zur Frage der alten Hochäcker: Zusammenfassung und Ergebnisse", ***Deutsche Gaue***, XIII (1912), 35-40, que demostraba que todos los casos de "cresta y surco en Baviera son posteriores a la época romana.

[75] S. R. Eyre, "The curving plough-strip and its historical implications", *Agricultural History Review*, III (1955), 80-94. K. Scharlau, "S-Formen und umgekehrte S-Formen unter den deutschen und englischen Langstreifenfluren", ***Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie***, IV (1956), 19-29, ofrece importantes pruebas complementarias tomadas de Alemania. F. Imberdis, "Le Problème des champs courbes", ***Annales: économies, sociétés, civilisations***, VI (1951), 77-81, plantea un problema totalmente distinto: campos en la región de Langres con límites curvos irregulares que desafían toda explicación basada en la topografía, en los suelos o en los métodos de arada.

[76] Véase pág. 171.

[77] *Supra*, pág. 63, nota 30.

[78] J. Boussard, "Essai sur le peuplement de la Touraine du 1er au VIIIe siècle", *Moyen âge*, LX (1954), 286-91.

Mientras la población fue escasa con relación a la tierra disponible, no existió mayor competencia entre ambos regímenes: los animales estaban continuamente en tierras de pastoreo. Pero al aumentar la población, la agricultura se extendió a costa de los bosques, pantanos y praderas[79]. Cuando cada campesino se ocupaba de su propio campo para su conveniencia personal, éste no podía ser utilizado para pastoreo mientras estuviera en barbecho, a no ser a costa de grandes gastos en cercas, setos vivos o pastores. El sistema de campos abiertos, en cambio, al concentrar en un momento dado las cosechas en uno o dos grandes campos, hizo que toda la extensión de tierra en barbecho quedase disponible para que pacieran las bestias, al par que ofrecía la máxima protección a los cultivos contra el ganado. Además, permitió asegurar que no se desperdiciara el estiércol en campos de pastoreo salvajes, sino que se depositara en las tierras que debían ararse el próximo año[80].

Como se ha hecho notar más arriba, este sistema equilibrado de producción animal y cerealera, en combinación con el arado pesado, evolucionó al parecer hasta convertirse en un sistema normal y aceptado durante el siglo VII en el interior del reino franco. Esto ayuda a explicar la relativa prosperidad y vigor de la Era Carolingia.

Por otra parte, el arado pesado y la consiguiente distribución de franjas en los campos abiertos contribuyeron a modificar la actitud de los campesinos del Norte frente a la naturaleza y, en consecuencia, nuestra propia actitud. Desde tiempo inmemorial la tierra era poseída por los campesinos en lotes de extensión suficiente, al menos en teoría, para el sustento de una familia. Aunque la mayoría de los campesinos pagaban arrendamiento, por lo general en forma de productos y servicios, se trataba, como hipótesis básica, de una agricultura de subsistencia. En la Europa septentrional, y solamente allí, el arado pesado modificó luego las bases de la adjudicación de tierras: los campesinos poseyeron entonces franjas de tierra proporcionales, por lo menos en teoría, a su contribución al equipo de labranza. Así, pues, la norma de referencia para la distribución de la tierra ya no fueron las necesidades de una

---

[79] Véase pág. 171.

[80] H. Mortensen, "Zur Entstehung der Gewannflur", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, III (1955), 38-4 1. W. Abel, *Agrarpolitik*, 2ª ed., (Cotinga, 1958), 144-45, destaca las ventajas de concentrar los recursos individuales antes dispersos, en función del arado pesado y los campos abiertos, bajo el control del grupo.

familia, sino la capacidad de energía aportada para el cultivo de la tierra. No podemos imaginar ningún cambio más fundamental en la idea de la relación entre hombre y suelo: en otro tiempo el hombre había sido parte de la naturaleza; ahora se convertía en su explotador.

Observamos el surgimiento de este nuevo concepto no sólo en el esfuerzo de Carlomagno por rebautizar los meses en función de las actividades humanas (junio habría de ser el "mes de la arada", julio el "mes del heno", agosto el "mes de la cosecha")[81], sino más particularmente en el cambio que se produjo en los calendarios ilustrados a partir de poco antes del año 830[82]. Los viejos calendarios romanos habían exhibido ocasionalmente escenas costumbristas de actividades humanas, pero la tradición predominante (que persistió en Bizancio) consistía en representar los meses como personificaciones estáticas, provistas de atributos simbólicos. Los nuevos calendarios carolingios, que establecieron la pauta para los de la Edad Media, son muy diferentes:

muestran una actitud coercitiva frente a los recursos de la naturaleza. Tienen un origen definidamente nórdico; en efecto, la oliva, tan frecuente en los ciclos romanos, desaparece por entonces[83]. Las ilustraciones muestran ahora escenas de labranza, cosecha, leñadores cortando árboles, personas que hacen caer bellotas para dárselas a los cerdos, matanza de porcinos. El hombre y la naturaleza son ahora dos cosas separadas, y el hombre es el amo.

2
El descubrimiento del "caballo de fuerza"

La vasta aplicación del arado en Europa septentrional no fue más que el primer aspecto importante de la revolución agrícola en la Alta Edad Media. El segundo paso consistió en la creación de un arnés que, junto con la herradura de clavos, convertiría al caballo en una ventaja tanto

---

[81] Eginardo, *Vita Karoli magni*, c. 29, ed. H. Pertz, *MGH, Scriptores*, II (1829), 458: "Junium Brachmanoth, Julium Heuvimanoth, Augustum Aranmanoth".

[82] J. C. Webster, *The labors of the Months in Antique and Medieval Art to the End of the Twelfth Century* (Evanston, 1938); cf. M. Schapiro, en *Speculum*, XVI (1941), 131-37; también H. Stern, *Le Calendrier de 354: éttide sur son texte et sur les illustrations* (París, 1953), 356-57, y su magistral "Poésies et représentations" (cf. *infra*, pág. 171), aspec. 164-66; N. E. Enkvist, *The Seasons of the Year: Chapters on a Motif from Beowulf to the Shepherd's Calendar* (Helsinki, 1957), 46-47.

[83] Stern, "Poésies", 166.

económica como militar. Para largos recorridos, un animal de tiro no es nunca mejor que sus cascos. Los bueyes parecen sufrir menos roturas de cascos que los caballos o las mulas. Las patas de los caballos son particularmente sensibles a la humedad: se dice que mientras en regiones secas, como España, sus cascos se mantienen tan duros que pueden galopar sin herraduras por terrenos rocosos, en Europa septentrional el casco se ablanda, se desgasta rápidamente y se deteriora con facilidad[84].

Abrumado ante una tremenda bibliografía sobre la herradura, recopilada por él mismo, el arqueólogo más erudito en el campo de la Alta Edad Media, Dom Henri Leclerq, se rindió expresando: "En ce qui regarde la ferrure des chevaux, nous laissons ce sujet à ceux qui ont des loisirs"[85].

Actualmente no se posee ninguna prueba firme de que la herradura de clavos haya existido antes de fines del siglo IX. El testimonio más autorizado en contra de esta afirmación es la insistencia con que Sir Mortimer Wheeler aduce haber excavado en Maiden Castle herraduras de clavos "claramente estratificadas", que databan "incontestablemente de fines del siglo IV y principios del V"[86]. Cabe aquí el beneficio de la duda. Entre todos los objetos arqueológicos, la estratificación de herraduras es algo que exige la máxima cautela: un caballo que pisa la cueva de un roedor abre muy probablemente un nuevo agujero, que el habitante de la cueva puede a su vez ahondar aun más; los caballos que se atascan en el barro pierden a menudo herraduras a medio metro o a un metro por debajo de la superficie. En tales circunstancias los resultados de la excavación deben ser objeto de una verificación especial a la luz de datos obtenidos de otras fuentes.

No existe ningún testimonio literario que pruebe que los griegos, los romanos o los francos hayan conocido la herradura: lo que más se aproximaba a ésta eran las hiposandalias y las *soleae*[87], sujetas con correas o alambres ya fuese como adorno o bien para ayudar a curar un casco roto. Puesto que los tratadistas de cuestiones militares se han interesado mucho por la atención veterinaria de los caballos, el hecho de que no mencionen la herradura tiene más fuerza que la mayoría de

---

[84] L. Palmer, "Feet and shoeing", en *In My Opinion*, ed. W. E. Lyon (Londres, 1928), 283.

[85] Véase pág. 171.

[86] R. E. M. Wheeler, "Maiden Castle, Dorset", *Reports of the Society of Antiquaries of London*, XII (1943), 290, lám. 30 B.

los demás argumentos basados en el silencio. Asimismo, tampoco existe representación alguna de herraduras en la Edad Antigua o en la Alta Edad Media: la famosa estatuilla de Carlomagno a caballo, que actualmente se conserva en el Museo Carnevalet, puede ser quizá contemporánea, pero el caballo con sus herraduras de clavos es probablemente una reconstrucción que data del año 1507[88]. Y con toda certeza los caballos no iban herrados en el 873, año en el cual un frío repentino congeló el barro de los caminos de Aquitania y estropeó las patas de los animales[89].

En cuanto a la arqueología, muchos pueblos paganos enterraban a los caballos junto con sus jefes; sin embargo, después de haber estudiado con bastante amplitud las tumbas de jinetes en Europa, he encontrado una sola supuesta herradura, una "Hufeisenstück mit Nagel" [herradura con clavos], enumerada en la lista de objetos de la tumba 1 de Pfahlheim[90], probablemente del siglo VII. La primera pregunta que uno se formula concierne a la identificación de este fragmento; la segunda, al lugar donde podrían encontrarse las otras herraduras; y la tercera, si no es posible que algún caballo medieval la haya perdido en ese sitio.

La más antigua muestra indudable de herraduras excavadas proviene de tumbas de jinetes nómadas de la región del Yenisei, en Siberia, y data de los siglos IX o X[91]. Hacia esa misma época se mencionan herradura de clavos en la *Tactica* bizantina del emperador León VI[92], que reinó del 886 al 911. Y probablemente en Occidente es donde por primera vez percibimos el sonido de cascos herrados, en la última década

---

87 A pesar de *History of Technology*, ed. C. Singer, II (1956), 561, Catulo (XVII, y. 26) se refiere simplemente a una *solea* y no a un zapato; cf. R. Ellis, Commentary on Catullus, 2ª ed. (Oxford, 1889), 66.

88 P. E. Schramm, *Die zeitgenossischen Bildnisse Karls des Grossen* (Leipzig, 1928), 36.

89 "Primo quidem pluviarum inundantia plurimarum; deinde humectationem terrae glatiali astringente rigore, quae adeo noxia fuit, ut subtritis pedibus equinis, rarus quisque foret qui vectatione equorum uteretur" (Vita Hludovici imperatoris. cap. 47, ed. G. H. Pertz, en *MGH, Scriptores*, II [1829], 635).

90 K. M. Kurtz, «Die alemannischen Grabfunde von Pfalheim", *Mitteilungen des Germanischen Nationalmuseums*, Nürnberg, I, 11(1884-86), 171; cf. W. Veeck, *Die Alamannen in Württemberg* (Berlín, 1931), I, 166.

91 R. Girshman, en A*rtibus Asiae*, XIV (1951), 187.

92 *Leonis irnperatoris Tactica*, y. 3ª ed. R. Vári (Budapest, 1917), 1, 92: "πέδικλα, σεληναîα σιδηά μετά καρφίων αύτών". También se los menciona en el apéndice al Libro I de *De ceremoniis*, de Constantino Porfirogénito (muerto en el 957); cf. *Patrologia graeca*, ed. J. P. Migne, CXII, 852. Pero A. Vogt, *Livre des cérémonies* (París, 1935), 1, pág. XVII, sospecha que esos apéndices son agregados posteriores.

del siglo IX, puesto que en el *Waltharius* de Eckard se dice: "ferrata sonum daret ungida equorum"[93]. En el año 973, en los *Miracula Sancti Oudalrici*, de Gerhard, se habla de las herraduras de clavos como de algo familiar para quienes emprendían viajes[94]. En 1038 Bonifacio de Toscana hacía gala de su posición social utilizando clavos de plata en las herraduras de su caballo[95]. En el siglo XI las herraduras debieron de ser muy comunes, ya que en la época de Eduardo el Confesor (que murió en 1066) seis herreros de Hereford entregaban anualmente cada uno a cuenta de sus impuestos ciento veinte herraduras hechas con hierro del rey[96]. Además, por lo menos en una miniatura de mediados del siglo XI aparecen herraduras que evidentemente tenían clavos[97]. Podemos dar por sentado con seguridad que en el siglo XI las ventajas de la herradura debían de ser tan notorias para el campesino como para el señor y que los campesinos podían costear el hierro necesario para aquélla.

Pero aun el caballo herrado es de escasa aplicación para trabajos de arada o de transporte, a menos que su arnés sea tal que le permita desarrollar su fuerza de tracción. Gracias a los estudios de Richard Lefebvre des Noëttes, se reconoce actualmente que en la Antigüedad los caballos solían ser enjaezados en una forma singularmente ineficaz. El arnés de yugo, que se acomodaba muy bien a los bueyes[98], se les colocaba a los caballos de modo tal que de cada extremo del yugo salían dos correas flexibles que rodeaban el vientre y el cuello de la bestia. Como consecuencia, apenas el caballo había empezado a tirar, la correa que pasaba por el cuello le apretaba la vena yugular y la tráquea, tendiendo a asfixiarlo y a interrumpir la afluencia de sangre a la cabeza. Por otra parte, el punto de tracción estaba situado en la cruz, lugar demasiado alto desde el punto de vista mecánico para obtener un

---

[93] Waltharius, ed. K. Strecker, en *MGH, Poetae aevi carolini*, VI, fasc. I (1951), L, 1203; en cuanto a la fecha, cf. F. J. E. Raby, *History of Secular Latin Poetry in the Middle Ages*, 2ª ed. (Oxford, 1957), I, 263.

[94] Cap. 29, ed. G. Waitz, *MGH, Scriptores*, IV (1894), 424.

[95] *Vita Matildis, scripta a Donizone presbytero*, c. 10, ed. L. Simonei, en *Rerum italicarum scriptores*, nueva ed. (Bologna, 1930), 33.

[96] *Herefordshire Domesday*, c. 1160-1170, ed. y. H. Galbraith y J. Tait (Londres, 1950), 2. Aunque compilado un siglo después, este documento registra obligaciones del tiempo de Eduardo.

[97] R. Lefebvre des Noëttes, *L'Attelage et le cheval de selle el travers les âges* (París, 1931), fig. 448; las fechas de las miniaturas reproducidas en las figs. 190, 191 y 446 son erróneas. En cuanto a la fecha de la fig. 448, cf. R. Stettiner, *Die illustrierte Prudentius Handschriften* (Berlín, 1895), 130; A. Katzenellenbogen, *Allegories of the Virtues and Vices in Mediaeval Art* (Londres, 1939). 4.

efecto máximo. En contraste, el arnés moderno consiste en una rígida collera almohadillada que descansa sobre los hombros del caballo de manera de permitirle la libre respiración y circulación de la sangre. Esta collera va unida la carga, ya sea mediante tirantes laterales o por medio de varas, de suerte que el caballo puede contribuir con todo su peso a la fuerza de la tracción. Lefebvre des Noëttes demostró experimentalmente que un tiro de caballos puede arrastrar solamente unos 500 kilos con arnés de yugo, mientras que con arnés de collera ese mismo tiro puede arrastrar un peso cuatro o cinco veces mayor[99]. Evidentemente, hasta no contar con el arnés moderno, los campesinos no pudieron utilizar el caballo, animal más veloz, en sustitución del ajetreado buey, para tareas de arada, rastreado o tracción pesada[100].

Lefebvre des Noëttes examinó diversos intentos de los romanos, chinos de la dinastía Han y bizantinos para contrarrestar la desventaja del arnés de yugo mediante distintos tipos de pechera (que tenía el defecto de irritar la piel del animal), combinada a veces con varas laterales[101]. Revisten especial importancia, entre otros descubrimientos mas recientes, una fíbula romana de bronce procedente de Colonia, probablemente del siglo III, en forma de arnés de cruz para un solo animal que sin duda iría asegurado a varas[102], y un pequeño yugo de cruz, del siglo II o III, descubierto en Pforzheim y que debía usarse también con varas[103]. Por otra parte, un mosaico romano tardío, hallado en Ostia, muestra una mula enganchada entre varas con lo que parece ser una collera rígida, aunque ésta se apoya en la parte alta del cuello. Que estos arneses experimentales hayan ido perfeccionándose paulatinamente, se comprueba en un tapiz de la primera mitad del siglo IX, encontrado en el barco Oseberg, cerca de Oslo, donde aparecen caballos cuyo arnés

---

[98] Sin embargo, en la Antigüedad tardía se dio un paso más con la invención del yugo sujeto a los cuernos, cuya muestra más antigua procede de Irlanda, aunque no es posible fecharla con exactitud; cf. XV. Jacobeit, "Em eisenzeitliches Joch aus Nordirland", Ethnographisch-archaeologische Forschungen, I (1953), 95-97; cf. *Cambridge Economic History of Europe*, ed. J. H. Clapbam y E. Power, I (Cambridge, 1941), 134.

[99] Véase pág. 172.

[100] Véase pág. 172.

[101] Por ej. para la Galia. cf. Espérandieu, *Recueil*, nº 4031, 7685, 7725; H. Dragendorff y E. Krüger, *Das Grabmal von Igel* (Tréveris, 1924), lám. 12, I.

[102] G. Behrens, "Die sogenannten Nlithras-Symbole", *Germania*, XXIII (1939), 57, fig. 6.

[103] A. Dauber, "Römische Holzfunde aus Pforzheim", ibid., XXVIII (1944-50), 230-34; XV. Jacobeit, "Zur Rekonstruktion der Anschirrweise am Pforzheimer Joch", ibid., XXX (1952), 205-07.

consiste en un pequeño yugo de cruz, una pechera y tirantes laterales que se extienden desde las uniones de la pechera con el yugo[104]. Esto podría inducirnos a creer que el arnés moderno fue producto de una lenta evolución en Occidente, si no fuera por los testimonios filológicos, todavía no publicados en cantidad suficiente como para poder evaluarlos, según los cuales el *hames* inglés y el *Kommut* alemán son de origen turco[105], lo cual presupone su difusión desde Asia Central. También se afirma que, si bien los eslavos tomaron de los germanos la pechera antes de la gran diáspora eslava del siglo VI, la collera utilizada en las caballerías (y su nombre turco) fueron adoptados por los germanos en los siglos VIII o IX[106].

Esta última fecha concuerda con otras nuevas pruebas. Aun cuando Lefebvre des Noëttes señaló tres miniaturas francas de principios del siglo X[107] como el primer indicio de la nueva collera, existe una representación de ésta un siglo antes, en el *Apocalipsis* de Tréveris (Fig. 3), que fue iluminado en el centro del reino franco más o menos en el año 800[108]. En Suecia se han encontrado montajes metálicos para colleras de caballo, en tumbas que datan de mediados y fines del siglo IX[109]. De igual manera, a fines del siglo IX Alfredo el Grande advierte, con

---

[104] W. Holmqvist, "Germanic art during the first millennium A. D.", *Kungl. Vitterhets, Historie och Antikvitets Akademiens Handlingar*, XC (1955), fig. 134. Basándose en el material de Oseberg, E. Grand, "Vues sur l'origine de l'attelage moderne", *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, XXXIII (1947), 706, y en *Bulletin de la Société Nationale des Antiquaires de France* (1947), 259, sugiere un origen escandinavo para el arnés moderno.

[105] Véase pág. 172.

[106] A. G. Haudricourt y M. J. B. Delamarre, *L'Homme et la charrue à travers le monde* (París, 1955), 174, 178; Haudricourt, "Contribution à la géographie et l'ethnologie de la voiture", *Revue de géographie humaine et d'ethnologie*, 1, I (1948), 62. Un tipo de collera rudimentaria de caballo a semejanza del arnés de reno siberiano y que contiene chapas de hueso o de cuerno en forma de T ha sido reconstruido por L. Gyula, "Beiträge zur Volkskunde der Avaren, III", *Archaeologiai Ertesíto"*, 3ª serie, III (1942), 341-46, fig. 4 y lám. LVIII. Se las encuentra en Hungría y Bohemia en los siglos VII a IX, en Ucrania en los siglos IX y X, y en Polonia en los siglos X y XI; cf. J. Zak, "Parties en corne au harnais de cheval", *Slavia antiqua*, III (1942), 201, fig. 9.

[107] Op. cit., 123, figs. 140-42; cf. *History of Technology*, ed. C. Singer, II (1956), 554, fig. 508.

[108] Tréveris, Biblioteca municipal, MS. 31, fol. 58r. En cuanto a la fecha, cf. P. Clemen, *Die romnanische Monumentalmalerei in dem Rheinland* (Düsseldorf, 1916), 1, 67; A. Goldschmidt, *Die deutsche Buchmalerei, I: Die karolingische Buchmalerei* (Florencia, 1928), 50; M. R. James. *The Apocalypse in Art* (Londres, 1931), 21; W. Neuss, *Die Apocalypse des Hl. Johannes in der altspanischen und altchristlichen Bibel-illustrationen* (Münster, Westfalia, 1931), 249; J. de Borchgrave d'Altena, en *Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire*, Bruxelles, XVIII (1946), 42; H. Swarzenski, *Monuments of Romanesque Art* (Londres, 1954), 57. En cuanto al Apocalipsis de Cambrai (Biblioteca municipal MS. 386), estrechamentee relacionado con el de Tréveris, se ha perdido el folio correspondiente; cf. Neuss, op. cit., 262.

[109] Véase pág. 172.

evidente sorpresa, que en la costa septentrional de Noruega se utilizaban caballos para arar[110].

¿Qué ventaja significaba para el campesino usar caballos en vez de bueyes en las faenas agrícolas? Los estudios de los agrónomos modernos acerca de las respectivas ventajas de los caballos y los bueyes pueden inducir un poco a error, debido a que las pruebas del caso no se han hecho con caballos ni con bueyes medievales. Aunque todavía no es posible demostrarlo, probablemente desde el siglo VIII en adelante el peso cada vez mayor de la armadura originó de parte de los caballeros una demanda de caballos más vigorosos; éstos fueron objeto de una crianza sistemática[111] antes de que se perfeccionase la crianza selectiva del ganado vacuno. Si bien se observa un contraste entre el *destrier* del barón y el caballo rural del campesino, la mezcla ocasional de unos y otros tendería pronto a elevar la calidad de estos últimos. Si se lo compara con los caballos, no es arriesgado afirmar que el ganado vacuno fue relativamente más débil en la Edad Media que lo que es hoy en día. Cabe inferir que a cualquier ventaja moderna que pueda demostrarse en la utilización del caballo en la agricultura debería aplicársele un aumento al referirla a la Edad Media.

Experimentos modernos revelan que si bien el caballo y el buey ejercen más o menos la misma fuerza de tracción, el caballo se desplaza con mayor rapidez hasta el punto de rendir un 50% más libras/pies por segundo[112]. Por otra parte, la resistencia del caballo es mayor que la del buey y puede trabajar una o dos horas más por día[113]. Esta mayor velocidad y mayor capacidad de resistencia del caballo cobra singular importancia en el caprichoso clima de Europa septentrional, donde el éxito de una cosecha tal vez dependa de que se are y se siembre en circunstancias favorables. Asimismo, la velocidad del caballo facilita considerablemente el rastreado, cuya importancia era mayor en el Norte

---

110 *King Alfred's Orosius*, ed. H. Sweet (Londres, 1883), I, 18; A. S. C. Ross, *The Terfinnas and Bearmas of Ohthere* (Leeds, 1940), 20.

111 No he encontrado ningún testimonio de crianza selectiva deliberada con destino al mercado caballeresco antes del año 1341, en Milán, cuando el contemporáneo Gualvaneo de la Flamma, *De gestis Azonis vicecomitis,* ed. L. A. Muratori, *Rerum italicarum scriptores*, XII (Milán, 1728), 1038, atestigua que "equos emissarios equabus magnis commiscuerunt, et procreati sunt in nostro territorio dextrarii nobiles, qui in magno pretio habentur. Item canes Alanos altae staturae, et mirabilis fortitudinis nutrire studuerunt."

112 Usher, op. cit., 156; E. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology* (Leiden, 1955), II, 83.

113 G. Krafft, *Lehrbuch dar Landwirtschaft, IV: Die Betriebslehre*, 12ª ed. rev. por F. Falke (Berlín, 1920), 67.

que en las cercanías del Mediterráneo, donde el sistema de arar en cruz permitía deshacer bastante bien los terrones.

Estos elementos son los que arrojan sospechas sobre la contabilidad de costos de los escritores que se ocuparon de la agricultura en el siglo XIII, por ejemplo Walter de Henley, el cual se declara a favor del buey como bestia para el arado, fundándose en que un caballo come mucho más que un buey, y en que mientras un caballo viejo no tiene más valor que el de su cuero, un buey viejo puede ser engordado y vendido al carnicero[114]. No obstante, los agrónomos modernos, conscientes de la rápida depreciación del caballo, que tiende a contrapesar su mayor eficiencia para el trabajo, han calculado que, en una jornada de labor, un buey cuesta el treinta por ciento más que un caballo[115]. La opinión de los campesinos medievales al respecto nos la revela el hecho de que en el siglo XII, en las tierras eslavas al Este de Germania, la medición de la tierra labrantía se basaba en lo que podía trabajar un par de bueyes o un solo caballo[116], lo cual arrojaba en favor del caballo una ventaja del ciento por ciento.

Dados los testimonios procedentes de la Noruega de fines del siglo IX, es curioso que no nos hayan llegado ilustraciones de caballos trabajando en el campo hasta doscientos o más años después, época en la que aparecen dos: el reborde del tapiz de Bayeux, hecho seguramente en Kent alrededor de 1077-1082[117], permite ver un caballo que tira de un arado-rastra, y una mula uncida a un arado de ruedas; en tanto que de los comienzos del siglo XII se conserva un tapiz del Apocalipsis, actualmente en la catedral de Gerona pero que muestra influencias septentrionales, donde el mes de abril aparece ilustrado con un tiro de caballos que realizan la labranza de primavera con un arado de ruedas[118].

---

[114] Walter de Henley, *Husbandry*, ed. E. Lamond (Londres, 1890), 12. N. Harvey, "Walter of Henley and the old farming", *Agriculture, the Journal of the Ministry of Agriculture*, LIX (1952-53), 491, se siente perplejo por la falta de perspicacia de Walter en materia de tiros de arado.

[115] Krafft, op. cit., 70.

[116] Helmold, *Chronicle of the Slavs*, tr. F. J. Tschan (Nueva York, 1935), 73, 75; pero cf. 234. J. Matuszewski, "Les Origines de l'attelage moderne", *Kwartalnik historii kulturny materialnej*, II (1954), 836, afirma que en la Polonia del siglo XII un caballo para trabajos rurales costaba tanto como dos bueyes.

[117] *The Bayeux Tapestry*, ed. F. Stenton (Nueva York, 1957), fig. 12; cf. págs. 11, 33.

[118] C. Zervas, *L'Art de la Catalogne* (París, 1937), lám. 4, lo ubica cronológicamentee en los siglos X u XI; en cambio, cf. Webster, op. cit., 79-84, 165, láms. LI, LII (A); R. Tatlock, *Spanish Art* (Nueva York, 1927), 67-68, lám. 10.

A pesar de todo, a fines del siglo XI el caballo tirando del arado debe de haber sido un espectáculo habitual en las praderas del Norte de Europa; así, en 1095, al ponerse en marcha la Primera Cruzada en el Concilio de Clermont, Urbano II colocó bajo la protección de la Paz de Dios "bueyes y caballos aradores (*equi arantes*), y a los hombres que guían los arados y rastras, y los caballos con que aquéllos rastrillan (*equi de quibus hercant*)[119]. Y una conversación sostenida cerca de Kiev en 1103 señala que en Ucrania los campesinos usaban caballos para todas sus actividades de aradura[120], lo cual tal vez da la clave de la precocidad de la cultura de Kiev en aquel período.

Cuando el mundo de los eruditos se haya dado cuenta de que la sustitución general de bueyes por caballos señaló una época en la aplicación de la energía a la agricultura, el análisis de testimonios locales nos permitirá establecer con qué rapidez, y exactamente en qué regiones, se produjo ese cambio. El estado de los archivos de Inglaterra, por ejemplo, es tan excelente que podrá brindar abundante información; sin embargo, hasta el momento es muy poco lo que sabemos. Sea o no acertado atribuir a Kent el tapiz de Bayeux, lo cierto es que éste nos revela que el uso del caballo en la agricultura era familiar a los anglonormandos. Con todo, en el *Domesday Book* de 1086 no se encuentra indicación alguna de caballos uncidos al arado: con sugestiva uniformidad los escribientes del ministro de hacienda de Guillermo el Conquistador hablan de arados tirados por ocho bueyes; pero la forma en que redondean las fracciones denota que se están refiriendo al arado de ocho bueyes como a una medida un tanto abstracta de valores en tierras sujetas a impuestos[121]. Un cuidadoso análisis demuestra que de hecho los arados ingleses en 1086 eran a menudo tirados por un mayor o menor número de bueyes, probablemente de acuerdo con el grado de prosperidad del solar en cuestión, o según las variedades del suelo y de la topografía[122]. En el *Liber niger* de Peterborough, que data aproximadamente del 1125, Trow-Smith ha encontrado un caballo que

[119] Véase pág. 173.

[120] *The Russian Primary Chronicle, Laurentian Text*, tr. S. H. Cross y O. P. Sherbowitz-Wetzor (Cambridge, Mass., 1953), 200. La *Chronicle* fue completada alrededor del año 1113; cf. ibid., 21. La más antigua referencia rusa a la collera de caballo aparece en cartas del siglo XII escritas en corteza de abedul y encontradas en Novgorod; cf. E. Smith, "Sorne recent discoveries in Novgorod", *Past and Present*, V (1954), 5.

[121] H. P. R. Finberg, "The Domesday ploughteam", *English Historical Review*, LXVI (1941), 67-71.

[122] R. Lennard, "Domesday ploughteams: the southwestern evidence", ibid., LX (1945), 217-33.

tira de la rastra, pero ninguno que tire del arado[123]. En 1167 un solar real de Oxfordshire fue reabastecido con cuarenta y ocho bueyes para seis tiros de arado y con cinco caballos[124] destinados aparentemente a arrastrar carros y a tirar de la rastra, más bien que del arado. Sin embargo, no muchos años después una descripción de la feria de caballos de los viernes en Smithfield, en las afueras de Londres, habla de caballos "para el carro, carromato o arado"[125]. Tanto en el censo de Durham en 1183[126] como en la investigación judicial contra los templarios en 1185[127], encontramos caballos destinados solamente a tirar de la rastra; en cambio hacia el 1191 descubrimos que el abate Sansón de Bury St. Edmunds otorgó tierras provistas en un caso de arado de dos bueyes y tres caballos (presumiblemente uno de éstos para trabajos de rastreado), en otro caso de un tiro de seis bueyes y dos caballos, en otro solar dos tiros más de composición similar y un tercer tiro de arado integrado por ocho caballos[128]. A fines del siglo XII, en las descripciones de veintitrés solares de la abadía Ramsey, que permiten apreciar la composición de los tiros de animales para el arado, consta que en nueve de éstos no había más que bueyes, mientras que en los catorce restantes se utilizaban tiros mixtos.[129]

Estas son noticias recogidas al azar, e indudablemente a ellas se agregarán muchas más con el correr del tiempo. Pero desde ya señalan una tendencia manifiesta: en la Inglaterra de fines del siglo XII, por lo menos en ciertas regiones que aún no es posible delimitar[130], se

---

[123] Op. cit., 91.

[124] A. L. Poole, *From Domesday Book to Magna Carta*, 2ª ed. (Oxford, 1955), 52.

[125] William Fitzstephen, *Descriptio nobilissimae civitatis Londoniae*, en J. Stow, *Survey of London* (Londres, 1603), 574.

[126] *Boldon Buke, a Survey of the Possessions of the Sea of Durham, made by Order of Bishop Hugh Pudsey in the Year 1183*, ed. W. Greenwell (Durham, 1852), 8, 19; en 17 se menciona un "molendinurn equorum".

[127] *Records of the Templars in England: the Inquest of 1185* (Londres, 1935), 11; los seis caballos herrados que se mencionan en pág. 9 pueden haber sido, o no, los que tiraban los tres arados que allí se indican; en pág. CXVIII se habla de un "molendinum chevaleraz".

[128] *The Kalendar of Abbot Samson of Bury St. Edmunds*, ed. R. H. C. Davis (Londres, 1954), 119, 127-28.

[129] J. A. Raftis, *The Estates of Ramsay Abbey* (Toronto, 1957), 314. Para algunos materiales del siglo XIII, cf. H. G. Richardson, "The mediaeval ploughtearn", *History*, XXVI (1942), 288.

[130] Estando en prensa este libro, R. Lennard, "The composition of demesne plough-teams in twelfth-century England", *English Historical Review*, LXXV (1960), 193-207, ha aportado nuevas e importantes pruebas del uso cada vez mayor del caballo para el arado a fines del siglo XII, y ha demostrado (pág. 201) que el cambio se produjo primeramente "en la zona este y centro-este de

confiaba al caballo la tarea de tirar del arado. Normandía se hallaba adelantada con respecto a Gran Bretaña: dos documentos del siglo XIII atestiguan que en el Ducado los campesinos realizaban todo el trabajo de la arada con caballos[131], y un siglo después Nicolás Oresmus, que murió en 1382 siendo obispo de Lisieux, da por sentado que la arada se hace con caballos[132].

Acaso una de las razones del retraso tecnológico de Inglaterra haya sido que, mientras en Francia decaía progresivamente la explotación directa de la heredad (*demesne*) en favor de los arrendamientos, la Inglaterra del siglo XIII presenció un decidido resurgimiento de la heredad y de los servicios de mano de obra[133]. El tratado de Walter de Henley fue uno de los textos destinados a colaborar en ese resurgimiento[134], y el verdadero motivo por el cual este autor se inclina a favor del buey para el tiro del arado aparece cuando observa que "la malicia de los aradores no permite que un arado tirado por caballos avance más rápidamente que uno arrastrado por bueyes"[135]. Esta especie de "trabajo a desgano" tal vez haya afectado la labranza de las tierras de heredad, que se hacía de mala gana en cumplimiento de una obligación para el señor (a este tipo de labranza, por su naturaleza, se refiere el testimonio registrado), pero ello no se aplicaría cuando los campesinos trabajaban sus propios campos. Y, en cuanto a extensión e importancia de la productividad dentro de la economía total, las tierras de propiedad de los campesinos sobrepasaban con mucho a las de heredad (*demesne*).

Inglaterra".

[131] L. Delisle, *Etude sur la condition de la classe agricole et l'état de l'agriculture en Normandie au moyen âge* (Evreux, 1851), 135, u. 36: "omnes illi qui associabunt equos ad carucam...". Eudes Rigaud, *Registrum visitationum archiepiscopi Rothomagensis (1248-1269)*, ed. T. Bonnin (Ruán, 1852), 375, atestigua que, mientras iba a caballo, en 1260, desde Meudon a Giset con motivo de la fiesta de San Mateo, "invenimus carrucas operantes et arrantes, quarum equos adduci fecimus ad Meullentum pro eo quod in festo tanti Sancti presumpserint irreverenter operari".

[132] Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, III (Nueva York, 1934), 466.

[133] R. Grand, "Les Moyens de résoudre dans le haut mayen âge les problèmes ruraux", *Settimane di Studio del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, II (1955), 528-29; M. M. Pastan, "The chronology of labour servíces", *Transactions of the Royal Historical Society*, 4ª serie, XX (1937), 186-89.

[134] Cf. D. Oschinsky, "Medieval treatises on estate management", *Economic History Review*, 2ª serie, VIII (1955-56), 296-309. Algo semejante debe de haber ocurrido en Alemania; el escritor satírico del siglo XIII Seifried Helbling, ed. J. Seemüller (Halle, 1886), 1:399, 820; 3:124; 7:1209; 15:87, ridiculiza a los caballeros que abandonan el ejército para dedicarse a cuidar sus fincas, que no piensan en otra cosa que en las cosechas y las ganancias, que se preocupan por el queso, los huevos y el precio del grano.

[135] Op. cit., 12.

No sólo el trabajo de la arada, sino también la velocidad y los gastos del transporte terrestre se modificaron profundamente en favor de los campesinos al introducirse el nuevo arnés y las nuevas herraduras con clavos. En tiempos de los romanos, el transporte por tierra de las cargas pesadas duplicaba el precio de éstas más o menos cada 150 kilómetros [136]. Como consecuencia, los latifundios, aun los situados cerca de Roma, pero que carecían de transporte por agua que les permitiese competir con los embarques de Egipto, África del Norte y Sicilia, no podían darse el lujo de cultivar cereales para el mercado romano[137]. En contraposición a esto, en el siglo XIII el costo de los cereales parece haber aumentado sólo en un 30 por ciento por cada 150 kilómetros de transporte terrestre[138] (precio alto todavía, pero más de tres veces mejor que en el caso de Roma). Entonces comenzaba a brindárseles a los campesinos no establecidos junto a cursos de agua navegables, la posibilidad de pensar menos en función de subsistencia y más en un excedente de cosechas rentables.

Es todavía muy poco lo que sabemos en detalle acerca del perfeccionamiento de las carretas que siguió a la invención del arnés moderno: la aplicación de los ejes delanteros oscilantes[139], frenos adecuados, voleas[140], etcétera. Al parecer, la mayoría de los vehículos romanos, salvo los carruajes ceremoniales y las sillas de posta, tenían dos ruedas. Pero a partir de la primera mitad del siglo XII encontramos una gran "longa caretta", de cuatro ruedas, tirada por caballos y capaz de transportar cargas pesadas[141]; y, a mediados del siglo XIII las carretas llevaban normalmente cuatro ruedas[142]: Fray Salimbene atestigua que en 1248, en Hyères (Provenza), al preguntársele a Fray

---

[136] C. A. Yeo, "Land and sea transportation in Imperial Italy", *Transactions and Proceedings of the American Philological Society*, LXXVII (1946), 222.

[137] Ibid., 224; cf. E. E. Grosser, "The significance of two new fragments of the Edict of Diocletian", ibid., LXXI (1940), 162.

[138] E. J. Forbes, "Land transport and road-building (1000-1900)", *Janus*, XLVI (1957), 109.

[139] El hecho de que las ruedas delanteras en el *Apocalipsis* de Tréveris, del año 800 (aprox.) (ver más arriba, nota 109 y también Fig. 3), sean más pequeñas que las ruedas traseras revela la existencia de un eje delantero oscilante. En cuanto a las pruebas medievales posteriores, véase M. N. Boyer, "Medieval pivoted axles", *Technology and Culture*, 1 (1960), 128-38, y más abajo nota 143.

[140] No conozco ninguna volea anterior a las representadas en las puertas de bronce de la catedral de Novgorod, hechas en Magdeburgo (Sajonia) en 1152-54; cf. A. Goldschmidt, *Die Bronzetüren von Novgorod und Gnesen* (Marburgo, 1932), 8, lám. 26.

[141] Cf. A. L. Kellogg, "Langland and two scriptural texts", *Traditio*, XIV (1958), 392-96.

Pedro de Apulia qué pensaba de las enseñanzas de Joaquín de Flora, contestó: "Joaquín me interesa tan poco como la quinta rueda de una carreta"[143]. No solamente los mercaderes sino también los campesinos tenían ahora la posibilidad de llevar más productos a mejores mercados. El nuevo arnés influyó también de otra manera en la vida de los campesinos del Norte. Cuando los especialistas en geografía histórica empezaron a estudiar los campos y asentamientos de Alemania abandonados, suponían que éstos habían sido evacuados durante la Guerra de los Treinta Años o después de la Peste Negra de 1348-1350. Con gran asombro comprobaron que el abandono de los asentamientos, aunque no así el de los campos, se había iniciado en el siglo XI y había llegado a ser muy frecuente en el XIII[144]. No sólo había campesinos que se trasladaban a ciudades vecinas desde donde viajaban diariamente hasta sus campos: las aldeas absorbían a los habitantes de los caseríos de la vecindad. En una época en que la población total de Europa aumentaba con rapidez[145], lugares habitados desde mucho tiempo atrás[146] iban perdiendo su identidad a raíz de la "aglomeración" de campesinos en aldeas cada vez más grandes.

A pesar de que un erudito ha lamentado la consiguiente "urbanización espiritual" de los campesinos en el siglo XIII[147], son evidentes las

---

[142] *A Book of Old Testament Illustrations of the Middle of the Thirteenth Century sent by Cardinal Bernard Maciejowski to Shah Abbas the Great, King of Persia, now in the Pierpont Morgan Library*, ed. C. C. Cockerell, M. R. James y C. J. Foulkes (Cambridge, 1927); este manuscrito del 1250 (aprox.), probablemente parisiense, muy minucioso en cuestiones técnicas (por ejemplo, en fol. 21b muestra un eje delantero oscilante, una volea y un arnés con borrenes para bueyes), incluye ilustraciones de carretas de cuatro ruedas en los folios 5b, 6b, 9a, 12a, 21b, 23a, 27b, 39a y 44b, pero no de carros de dos ruedas.

[143] "Tantum curo de Ioachym quantum de quinta rota plaustri", *Cronica Fratris Salimbene de Adam*, ed. O. Holder-Egger, *MGH, Scriptores*, XXXII (1905-13), 239. P. Deffontaines, "Sur la répartition géographique des voitures à deux roues et à quatre roues", *Travaux du 1er Congrés International de Folklore*, Paris, 1937 (Tours, 1938), 119, ofrece una desconcertante prueba de una temprana vuelta, en la época moderna, a los carros de dos ruedas en ciertas zonas de Francia donde se habían utilizado carretas de cuatro ruedas durante la Baja Edad Media.

[144] Véase pág. 173.

[145] L. Génicot, "Sur les témoignages d'accroissement de la population en occident du XIe au XIIIe siècle", *Cahiers d'histoire mondiale*, I (1953), 446-62; J. C. Russell, "Late ancient and medieval population", *Transactions of the American Philosophical Society*, XLVIII, III (1958), 113.

[146] E. Perroy, *La Terre et les paysans en France au XIIème et XIIIème siècles* (París, 1953, mimeograf.) 144-45, señala que hacia la década del 1280, en Francia, una parte de la tierra recientemente recuperada no resultó apta para la agricultura y fue quedando abandonada. Evidentemente en esa época la roza había alcanzado el punto de los rendimientos decrecientes.

[147] B. Huppertz, *Räume und Schichten bäuerlicher Kulturformen in Deutschland* (Bonn, 1939), 131-39. Cuando H. Stoob, "Minderstädte: Formen der Stadtentstehung im Spätmittelalter" *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*, XLVI (1959), 22, dice al referirse a la minada

ventajas personales de tal concentración: un caserío compuesto de cinco a diez casas llevaba una vida restringida. En una gran aldea de doscientas o trescientas familias no sólo se contaría con una mejor defensa en situaciones de emergencia, sino que además habría una taberna, una hermosa iglesia de regular tamaño, acaso una escuela dirigida por el cura en la que los chicos podían aprender sus primeras letras, y con toda seguridad más pretendientes para las hijas, y, en vez de buhoneros con sus fardos, mercaderes con carretas y noticias de lugares distantes. Pero esas virtudes de una vida más "urbana" habrían atraído siempre a los hombres del campo. ¿Cómo se entiende, entonces, que a partir del siglo XI fuesen tantos los que estuvieron en condiciones de seguir sus deseos?

La clave parece residir en la sustitución del buey por el caballo como animal principal de la granja. Los bueyes se movían tan lentamente que los campesnos que los utilizaban tenían que vivir cerca de sus campos. Gracias al uso del caballo tanto para el arado como para el transporte, la misma cantidad de tiempo que tardaba en ir al campo y en volver le permitía al campesino recorrer una distancia mucho mayor. La relación matemática entre el radio de un círculo y la superficie de éste rigió la redistribución de los poblados. Un ligero aumento de la distancia que era posible recorrer cómodamente desde la aldea hasta el campo más lejano bastaba para ampliar considerablemente el total de superficie arable que podía ser explotada desde la aldea. Así, pues, extensas regiones en otro tiempo salpicadas de minúsculos caseríos terminaron siendo terrenos cultivados, dominados por grandes aldeas que en casi todos los aspectos conservaron su economía agraria, pero que arquitectónicamente, e incluso en su modo de vida, pasaron a ser sorprendentemente urbanas.

El fenómeno de la "aglomeración" hasta ahora sólo ha sido comprobado con certeza en algunas partes de Alemania. Sin embargo, existen también algunas muestras de ese fenómeno en el Norte de Francia[148] y en Inglaterra[149], e indudablemente se dio así mismo en otras regiones

---

de pequeñas ciudades surgidas durante la Baja Edad Media: "bürgerliches Leben wird hier zur Miniatur, ja Karikatur" ("la vida burguesa se convirtió entonces en una miniatura, o mejor, en una caricatura"), está apreciando el fenómeno desde el punto de vista del hombre de la ciudad, no con los ojos del campesino que iba elevando su nivel de vida.

[148] E. Chantriot, *La Champagne: étude de géographie régionale* (Nancy, 1905), 247.

[149] M. W. Beresford y J. K. S. St. Joseph, *Medieval England: An Aerial Survey* (Nueva York, 1958), 111-13.

donde existían posibilidades técnicas para ello. Ya muy avanzada la Edad Media, esa "urbanización" de los trabajadores agrícolas echó las bases para un cambio de foco de la cultura occidental, que se desplazó del campo a la ciudad y que ha sido tan notorio en siglos recientes. Preparó psicológicamente al campesinado de Europa septentrional para ese gran cambio, y tal vez lo capacitó para adoptar actitudes y adquirir anticuerpos espirituales que aminorarían el impacto social de los acontecimientos posteriores.

Al evaluar esa relación entre caballo y buey, nos enfrentamos con una curiosa lista de hechos. En gran parte del Norte de Europa, desde Gales a Suecia, predominó en tal forma el arado pesado, que la tierra arable llegó a medirse en ocho secciones, correspondientes a sus ocho bueyes [150], pese a que más o menos en esa misma región -las cuencas del Mar del Norte y del Mar Báltico- el caballo llegó a ser con el tiempo el animal utilizado habitualmente para tirar del arado[151].¿Qué afinidad particular se desarrolló entre el caballo y el arado pesado? Y si el arnés moderno era, ya conocido en Europa hacia el año 800, ¿por qué se retrasó casi tres siglos el uso general del caballo en la agricultura? La respuesta ha de encontrarse en el nuevo sistema de rotación de las cosechas que, al combinarse con el uso del arado pesado y del caballo de tiro, trazó la pauta de un sistema agrícola nuevo y notablemente más productivo en las regiones septentrionales.

3
La rotación de tres campos y el mejoramiento de la nutrición

El sistema de rotación de las cosechas en tres campos ha sido calificado como "la más destacada novedad agrícola de la Edad Media en Europa Occidental"[152]. Aparece bruscamente a fines del siglo VIII; el testimonio seguro de esa innovación puede fecharse en el año 763[153], el

---

[150] R. Mielke, "Das Pfluggespann", en *Festschrift Eduard Hahn* (Stuttgart, 1917), 194-97, 202.

[151] E. Hahn, "Das Pfluggespann", en *Festschrift für Marie-Andree Eysn* (Munich, 1928), 90; cf. el mapa de la zona de crianza de caballos en Francia hacia el año 1650, en R. Musset, *De l'élevage du cheval en France* (París, 1917), 137.

[152] C. Parain, en *Cambridge Economic History*, 1 (1941), 127.

[153] H. Wartmann, *Urkundenbuch dar Abtei St. Gallen* (Zünich, 1863), I, 41, nº 39: "et in primum ver aratro iurnalem unum et in mense Junio brachare alterum et in autumno ipsum arare et seminare".

siguiente en el 783[154], y el tercero en el 800[155]. De ahí en adelante las pruebas son tan frecuentes, que los historiadores fieles al dogma de que nada en la vida rural puede cambiar rápidamente se vieron forzados a creer que el sistema de los tres campos era un invento muy anterior[156] que de algún modo logró eludir toda constancia en documentos.

Pero parecería que el propio Carlomagno consideró el nuevo esquema del año agrícola -ya adoptado en los solares imperiales, si nos es lícito opinar así, basados en la capitular *De villis*-[157] como algo tan novedoso y significativo que se sintió impulsado, según ya lo mencionamos, a rebautizar los meses en función de ese esquema. En épocas anteriores las tierras se araban en octubre o noviembre para la cosecha de invierno, y la siega se hacía en junio o en julio. Pero de acuerdo con la nueva nomenclatura de Carlomagno, junio, el mes en que se ara el barbecho, es el "Mes de la arada"; y agosto, el "Mes de la cosecha"[158]. Si tanta fue la propaganda que hizo el emperador de una novedad agrícola, cabe suponer que él la consideraba de primordial importancia para su reino.

No había nada similar a la rotación de tres campos en la época de los romanos. Plinio[159] refiere que cierta vez el pueblo de Tréveris sembró granos en marzo después de haberse echado a perder la cosecha de invierno; pero esto se narra como un episodio muy raro, y no existe indicación alguna de que se hubiese repetido. En realidad, Plinio tiene conocimiento de que ciertos productos se cosechan en verano y deben sembrarse en primavera, pero la misma lista de esos productos -mijo, panizo, ajonjolí, salvia, berro de invierno (todos los cuales, observa, se cultivan en invierno en Grecia y Asia, pero no en Italia), lentejas,

---

[154] O. Dobenecker, Regesta historiae Thuringiae (Jena, 1896), I, 15, nº 48: "in tribus Hoheimis... in tribus Gechusis... in tribus Percubis". A menudo suele citarse como uno de los más antiguos testimonios del sistema de tres campos un documento del año 771, incluido en el *Codex diplomaticus et variarum traditionum antiquissimi Monasterii Lauresheimensis* (Tegernsee, 1766), Parte II, 312-13, nº 494, en el que se menciona un "mansum de terra aratunia XXVII jurnales in tribus locis sitos". Pero W. Fleischmann, *Caesar, Tacitus, Karl dar Grosse und die deutsche Landwirtschaft* (Berlín, 1911), 53, n. 1, señala correctamente que este códice registra tantas donaciones de tierras ubicadas en 2, 4, 5, 6, etc. loci, que el caso de 3 resulta ambiguo.

[155] K. Lamprecht, *Deutsches Wirtschaftsleben im Mittelalter* (Leipzig, 1888), I, 545, n. 4.

[156] Por ej. K. Weller, "Die Besiedlung des Alemannenlandes", *Württembergische Vierteljahrschrift für Landesgeschichte*, VII (1898), 340-41.

[157] Haudricourt y Delamare, op. cit., 46.

[158] *Supra*, pág. 73, n. 81.

[159] *Naturalis historia*, XVIII, 20, ed. C. Mayhoff (Leipzig, 1892), III, 193.

garbanzos, alica (?)-, comparada con su lista de productos cosechados en invierno -trigo, espelta, cebada, habas, nabos y nabas-, demuestra la escasa importancia que tenía la siembra de primavera[160]. Menciona también el mismo autor que Virgilio había recomendado sembrar habas en primavera, como se hacía en los alrededores de Padua, pero Plinio considera habitual sembrarlas en otoño[161]. Los guisantes, en cambio, se siembran durante la primavera en Italia y otros climas más fríos[162]. Si bien tanto Plinio[163] como los agrónomos romanos[164] sabían perfectamente que las legumbres enriquecen el suelo, al parecer no existía un sistema regular y habitual de alternar esos cultivos con los de cereales.

Anticipos mucho más significativos de la rotación trienal se encuentran en el lejano Norte. Un paleobotánico danés, partiendo del análisis de polen, ha llegado a la conclusión de que la primitiva agricultura de la región báltica se limita a la siembra de primavera, y que la arada y la siembra de otoño en esa zona fueron una innovación medieval bastante tardía[165]. Hecateo[166], que escribió en el siglo VI a. C., nos informa que en Bretaña se recogían anualmente dos cosechas. Applebaum ha hecho notar[167] que el cereal más importante en el Norte durante la Edad de Bronce era la cebada, la cual en la Edad Media y en épocas más recientes fue por lo común un cultivo de primavera en los climas septentrionales; sugiere este autor que el cambio de clima registrado más o menos hacia el año 500 a. C. puede muy bien haber inducido a concentrarse en las siembras de invierno, aunque con algunos vestigios de siembras de primavera en determinadas zonas.

Parece probable, entonces, que mientras los ejércitos carolingios penetraban en la Germania bárbara, mientras San Bonifacio y sus legio-

---

160 XVIII, 7, ed. cit.,.. III, 155.

161 XVIII, 12, ed. cit., III, 175.

162 XVIII, 12, ed. cit., III, 176.

163 XVIII, 12, ed. cit., III, 175.

164 F. Harrison, *Roman Farm Management: The Treatises of Cato and Varro* (Nueva York, 1913), 41-42, 121-22.

165 V. M. Mikkelsen, "A contribution to the history of vegetation in the Sub-Arctic period", en A. Steensberg, *Farms and Watermills in Denmark during Two Thousand Years* (Copenhague, 1952), 302.

166 Según nos lo transmite Diodoro Sículo, II, 47, ed. C. H. Oldfather (Londres, 1935), II, 38.

167 S. Applebaum, "The agriculture of the British Early Iron Age as exemplified at Figheldean Down", *Proceedings of the Prehistoric Society*, XX (1954), 104.

nes benedictinas reemplazaban los templos paganos por catedrales y claustros, y mientras los teutones y latinos empezaban a fusionar sus inteligencias para forjar una nueva cultura europea, en ese mismo momento las siembras de primavera en la región del Báltico y del Mar del Norte se acoplaban con las siembras de otoño en el Mediterráneo para dar origen a un nuevo sistema agrícola mucho más productivo que cualquiera de sus dos progenitores.

¿Cómo funcionaba el sistema de los tres campos, a diferencia de la más antigua rotación de dos campos que se practicaba en el Mediterráneo?

Dónde regía el plan de dos campos, más o menos en la mitad de un terreno se sembraban productos. de invierno, en tanto que la otra mitad se dejaba en barbecho. Al año siguiente se cambiaban simplemente las funciones de uno y otro campo.

Donde regía el plan de tres campos, la tierra labrantía se dividía aproximadamente en tercios. En una sección se sembraba durante el otoño trigo de invierno o centeno. En la primavera siguiente se sembraban, en el segundo campo, avena, cebada, guisantes, garbanzos, lentejas o habas. El tercer campo se dejaba en barbecho. Al año siguiente, en el primer campo se sembraban cultivos de verano, el segundo campo se dejaba en barbecho y en el tercero se sembraban granos de invierno.

	1er. año	2do. año	3er. año	1er. año
primer campo	OTOÑO -----	OTOÑO	OTOÑO	OTOÑO -----
segundo campo	.....		-----	.....
Tercer campo		-----	.....	

-----= siembra de invierno .....= siembra de primavera

En los siglos VIII, IX y X se hacían solamente tres aradas durante el ciclo total de tres años: el campo de invierno, en octubre o noviembre; el campo de verano, en marzo, o sea cuando la tierra comenzaba a

calentarse; el barbecho, hacia fines de junio[168]. De ese modo, en aquel período primitivo, de un solar de 600 acres en el que se aplicase el sistema de dos campos se araban 600 acres y se contaba con 300 acres para cultivos, mientras que los mismos 600 acres, si se aplicaba el sistema de tres campos, permitían disponer de 400 acres para cultivos con una misma arada, lo cual significaba un incremento de un tercio.

Pero hacia el siglo XII, a más tardar[169], tanto en el sistema de dos campos como en el de tres se había comprobado la ventaja de arar dos veces la tierra en barbecho, a fin de impedir el crecimiento de malezas y mejorar la fertilidad. Este cambio acrecentó aún más la ventaja de la rotación trienal. Los campesinos que trabajaban 600 acres aplicando el plan de dos campos, y que araban el barbecho dos veces, ararían anualmente 300 + 600 = 900 acres, para contar con 300 acres de cultivos. Si trabajaban 600 acres con el sistema de tres campos, suponiendo también una doble arada del barbecho, ararían por año solamente 200 + 200 + 400 = 800 acres, para contar con 400 acres de cultivos. Partiendo de la base de 600 acres, el incremento de producción al adoptarse la nueva rotación seguiría siendo únicamente de un tercio. Pero puesto que el cambio implicaba 100 acres menos de arada por año, podían agregar sin trabajo adicional 75 acres (arados así: 25 + 25 + 50)[170], si mediante trabajos de recuperación del suelo era posible contar con esa cantidad de terreno. Los mismos campesinos trabajarían así no 600 sino 675 acres (450 de cultivos), y la ventaja en cuanto a producción, comparada con el sistema de rotación de dos campos, sería del 50 por ciento. La difusión del sistema trienal dio entonces gran impulso a la roza: se talaron bosques, se desecaron pantanos, los diques rescataron tierras ganadas al mar.

El nuevo plan de rotación en consecuencia, brindaba varias ventajas. En primer lugar, como acabamos de indicarlo, aumentó en un octavo la superficie que un campesino podía cultivar e incrementó su productividad en un 50 por ciento. Segundo, el nuevo plan distribuyó más uniformemente a lo largo del año los trabajos de la arada, siembra y reco-

---

168 G. Hanssen, *Agrarhistorische Abhandlungen* (Leipzig, 1880), I, 163.

169 M. Bloch, Caractères, 25; K. Lamprecht, op. cit., I, 558.

170 Acerca de los cálculos innecesariamente complicados de Walter de Henley para llegar a la conclusión de que con el nuevo sistema podía trabajarse un área 1/8 más extensa, cf. *Cambridge Economic History*, I, 129. Es significativo que este pasaje suela omitirse en uno de los manuscritos de Henley: cf. E. Power, "On the need for a new edition of Walter of Henley", *Transactions of the Royal Historical Society*, XVII (1934), 101-16.

lección, aumentando así el rendimiento de la labor. En tercer lugar, redujo considerablemente la probabilidad de hambruna al diversificar los cultivos y al someterlos a diferentes condiciones de germinación, crecimiento y siega. Pero la cuarta ventaja, acaso la más significativa, consistió en que la siembra de primavera, aspecto esencial de la nueva rotación, multiplicó sensiblemente la producción de ciertos cultivos que revestían especial importancia.

La avena llegó a Europa desde Asia Menor en tiempos prehistóricos, probablemente bajo la forma de una hierba que acompañaba al trigo; pero los romanos no la cultivaron[171]. La avena es el mejor alimento para los caballos[172]. El buey es una máquina de combustión de pastos; el caballo es una máquina mucho más eficiente de combustión de avena. Los campesinos de Europa meridional no podían elegir entre buey y caballo como bestia para el arado, debido a que su rotación bienal no les permitía contar con un excedente suficiente de granos como para mantener muchos caballos[173]. Como consecuencia de su sistema rotacional, y puesto que la avena era uno de los principales cultivos de primavera, los campesinos del Norte contaban con la cantidad y la calidad de excedentes de alimentos necesarios para los caballos[174]. Hacia fines de la Edad Media parece existir una clara correlación entre la rotación trienal y la utilización del caballo en la agricultura.

---

[171] D. R. Sampson, "On the origin of oats", *Harvard University Botanical Museum Leaflets*, XVI (1954), 295-98; F. A. Cofman, "Avena sativa L. probably of Asiatic origin", *Agronomy Journal*, XLVII (1955), 281; F. Schwanitz, *Die Entstehung den Kulturpflanzen* (Berlín, 1957), 122.

[172] La avena no es una manía moderna de los caballos: W. Dugdale, *Baronage of England* (Londres, 1675), I, 183-84, cita un contrato de 1317-18 por la provisión regular de "heno y avena para cuatro caballos.., heno y avena para ocho caballos".

[173] En un censo hecho en 1338 de 123 fincas del priorato de los Hospitalarios en Saint Gilles, cerca de las bocas del Ródano, se indica que en todas ellas, excepto tres, se utilizaban bueyes para arar, a pesar de que 24 de esas propiedades, debido a circunstancias favorables, habían logrado desarrollar ritmos de cultivo más intensivo que el de la rotación de dos años; cf. G. Duby, "Techniques et rendements agricoles dans les Alpes du Sud en 1338", *Annales du Midi*, LXX (1958), 404, 407. En 1422 se intentó utilizar caballos para el manejo de una gran grúa instalada por Brunelleschi para facilitar la construcción de la cúpula de la catedral de Florencia, pero se comprobó que la energía desarrollada por los caballos resultaba por lo menos un 50 por ciento más costosa que la desarrollada por bueyes; cf. F. D. Prager, "Brunelleschi's inventions", *Osiris*, IX (1950), 516, n. 146.

[174] J. Boussard, "La vie en Anjou au XI^{e} et XII^{e} siècles", Moyen âge, LVI (1950), 57, 67, afirma que la avena se menciona por primera vez en Anjou en 1129 y que durante la segunda mitad del siglo XII la avena y el trigo tendieron a reemplazar a la cebada y al centeno como cultivos básicos. Puesto que Anjou queda en el límite entre las zonas del caballo y del buey, las zonas trienales y las bienales, y los campos abiertos y las zonas cercadas, sería muy interesante conocer con exactitud las relaciones y los cambios locales que entrañó esa sustitución de cultivos.

El lapso de 300 años de demora entre la llegada del arnés moderno y la generalización del uso del caballo para fines no militares tal vez pueda explicarse por las dificultades prácticas que debía afrontar una aldea para pasar de la rotación bienal a la trienal. Conocemos algunos casos en que se produjo ese cambio[175], pero a menos que pudiera rozarse un tercer campo totalmente nuevo[176], o que por pura casualidad las tenencias individuales estuviesen dispuestas de tal manera que los que habían sido dos campos pudieran dividirse en tres sin una radical redistribución de las franjas, un cambio de esa índole debía de tropezar con la oposición de intereses creados.

Las combinaciones de este género se dan de manera mucho más fácil cuando se coloniza una tierra nueva o cuando tras un período de caos vuelven a poblarse zonas devastadas. Los últimos años del siglo IX y los primeros del X fueron una época de consternación. Las zonas de Europa septentrional que no habían sido invadidas por los jinetes húngaros fueron incendiadas durante las correrías de los vikingos. Sólo después que los normandos se hubieron domesticado en las bocas del Sena y en el Danelaw, y luego que el poderío magiar fue aplastado en el Lechfeld, finalizó la segunda ola de invasiones, más destructiva que las incursiones de los teutones que habían abatido a Roma. Inmediatamente se inició la reconstrucción, y parece probable que las nuevas comunidades del Norte se hayan sentido ansiosas de organizarse conforme a la nueva y superior tecnología de la rotación de cosechas[177]. Esta innovación, a su vez, habría provisto gradualmente la avena que permitió acumular un stock de caballos. A la luz de esta serie de hechos, no debe sorprendernos que el uso del caballo para faenas rurales comenzara a generalizarse mucho más en el siglo XI.

No se ha hecho un estudio metódico de la difusión del. sistema de tres campos desde su lugar de origen en la región franca, entre el Sena y el

---

[175] Véase pág. 173.

[176] Como ocurrió antes de 1220 en una aldea del Yorkshire; cf. T. A. M. Bishop, "Assarting and the growth of the open fields", Economic History Review, VI (1935), 19.

[177] Una gran proporción de las comunidades que vivían en la zona de las lluvias de verano y que no podían modificar la división de sus tierras para la plena explotación del nuevo sistema, convinieron en lo siguiente: las tierras continuarían divididas en dos campos, pero en la mitad de la tierra arable todos los años la siembra se efectuaría en otoño, y en la otra mitad en primavera. Aunque evidentemente menos productivo que en el caso de la aplicación completa del sistema, este plan contaba sin duda con varias de las ventajas de este último y tal vez se adecuaba de manera especial a regiones de suelo comparativamente pobre, que se habrían agotado con una rotación más intensiva; cf. Gray, op. cit., 71; C. S. y C. S. Orwin, The *Open Fields* (Oxford, 1938), 49.

Rin. Al igual que las respuestas a muchos otros interrogantes fundamentales en la historia de la agricultura, éste debe esperar a que se cuente con una investigación local de documentos y de campo mucho más cuidadosa que las emprendidas hasta el presente[178]. Aun en Alemania, donde se han llevado a cabo más investigaciones de esta índole que en cualquier otro país, todavía nadie puede expresar una afirmación más precisa que no sea decir que esa difusión tardó varios siglos después de haberse iniciado poco antes del año 800[179]. El caso húngaro plantea un enigma: hay una abadía que parece haber tenido entre sus propiedades tres campos en el año 1086; luego no se encuentra ninguna mención de rotaciones trienales hasta 1355[180]. En el siglo XIII aparecen entre los eslavos del Sur[181], en Polonia[182] y en el Sur de Suecia[183]. En el otro flanco de Europa, la rotación trienal parece no haber llegado a Inglaterra hasta el siglo XII[184], y es probable que de allí haya sido llevada a Irlanda por los colonos anglo-normandos a fines del mismo siglo[185].

Hemos visto en qué medida la nueva disponibilidad de avena, a que dio lugar el sistema de tres campos, incrementó la cantidad y el rendimiento de los caballos. Pero también las personas experimentaron la influencia de los nuevos recursos alimentarios.

Además de avena y cebada, los cultivos de primavera incluían habitualmente legumbres. Ya hemos observado que los romanos conocían los guisantes, garbanzos, lentejas y habas, y sabían que las legumbres ayudan al suelo. Pero la importancia asignada en el Mediterráneo a los

---

178 Véase pág. 174.

179 H. Mortensen, "Zur deutschen Wüstungsforschung ", *Göttingische gelehrte Anzeigen*, CCVI (1944), 210.

180 M. Belényesy, "Angaben über die Verbreitung der Zwei- und Dreifeldwirtschaft im mittelalterlichen Ungarn", *Acta ethnographica Academiae Scientiarum Hungaricae*, V (1956), 185.

181 J. K. Jireček, *Geschichte der Serben* (Gotha, 1918), II, 54; J. Sakazov, Bulgarische Wirtschaftsgeschichte (Berlín, 1929), 105.

182 D. Warriner, "Some controversial issues in the history of agrarian Europe", *Slavic and East European Review*, XXXII (1953), 105; S. Chmielewski, "Notes on farm tools and implements in early Polish agriculture", *Kwartalnik historii kultury materialnej*, III (1955), 282.

183 *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, V (1957), 206, donde se cita a D. Hannerberg, "Byamål", *Kungl. Humanistiska Vetenskaps Samfundets i Lund, Arsberättelse* (1954-55), 19-62.

184 G. Duby, "La Révolution agricole médiévale", *Revue de géographie de Lyon*, XXIX (1954), 362.

185 J. Otway-Ruthven, "The organization of Anglo-Irish agriculture in the Middle Ages", *Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland*, LXXXI (195]), 9.

cultivos de otoño parece haber sido tan considerable que aun en la región septentrional de lluvias de verano estos productos no fueron cultivados por los romanos en gran cantidad, comparativamente con los cereales. Finalmente, sin embargo, a partir de los últimos años del siglo VIII parece que las legumbres, en su condición de cultivos de campo, representaron una proporción amplia y sustancial de la nueva rotación trienal. En realidad, el papel de aquéllas en el éxito del sistema no ha sido puesto suficientemente de relieve; las propiedades de fijación del nitrógeno que poseen estas plantas fueron fundamentales para la conservación de la fertilidad bajo las más rigurosas condiciones de cultivo.

Malthus no era dietista: dio por sentado que la población se rige por la disponibilidad de alimentos. El asunto es mucho más complejo. Los alimentos no son tales si no componen una ración balanceada cuyo elemento principal es la relación entre carbohidratos y proteínas. Una dieta sobrecargada de carbohidratos resulta pronto tan mala como el hambre, y de hecho es hambre de aminos. En teoría, una sociedad puede hallarse en condiciones de producir grandes cantidades de carbohidratos, pero sin que exista ninguna razón práctica para que los produzca mientras no se encuentre una provisión más abundante de proteínas. Cualquier cosa que afecte a la cantidad de proteínas disponibles se reflejará muy pronto en términos de población[186].

Con el sistema de rotación de tres campos, las siembras de otoño consistieron en gran medida en carbohidratos, en cambio las siembras de primavera incluían una gran cantidad de proteínas vegetales. Que a fines del siglo XI estas últimas eran ya tan abundantes como los cereales, nos lo revela la lamentación de Orderico Vital con motivo de la espantosa sequía que castigó a Normandía y Francia en el verano de 1094, echando a perder "los granos y las legumbres" (*segetes et legumina*)[187]. El cuadro que normalmente presentaban los campos en verano se refleja en aquella vieja canción infantil inglesa:

Do you, do I, does anyone know,
How oats, peas, beans and barley grow?

---

[186] Cf. E. Linton, "Crops, soils and culture in America", en *The Maya and their Neighbors* (Nueva York, 1940), 36.

[187] Ed. A. Le Prevost (París, 1845), 461; cf. 463.

(¿Sabes tú, sé yo, o alguien sabe,
cómo crecen la avena, los guisantes, las habas y la cebada?)

Y en el siglo XIII San Alberto Magno nos cuenta cómo la anguila abandona los ríos en busca de campos donde pueda encontrar guisantes o garbanzos sembrados[188]. Los esclavos de Catón comían cereales, pero no habas[189]; y Plinio alababa las legumbres, encareciéndolas más que los granos como alimento[190]. Un sacramentario carolingio preveía una Benedictio favae[191]; en ese entonces las plegarias eran escuchadas.
Así, pues, nuestros últimos conocimientos en materia de nutrición nos proporcionan una nueva comprensión de la dinámica de la Baja Edad Media. Si bien las legumbres disponibles en la Europa medieval no proveían por sí solas una serie completa de los aminoácidos biológicamente necesarios, por una feliz coincidencia las cantidades menores de proteínas contenidas en los cereales corrientes constituían el perfecto complemento dietético de las que aportaban las legumbres, y especialmente los guisantes[192]. No fue simplemente la nueva cantidad de alimentos producida a raíz del mejoramiento de los métodos agrícolas, sino el nuevo tipo de alimentos disponibles[193], lo que explica más que nada, al menos para el Norte de Europa[194], la sorprendente expansión demográfica, el crecimiento y multiplicación de las ciudades, el auge de la producción industrial, la ampliación del comercio y la nueva exuberancia de los espíritus que dio animación a la época. En el

---

188 "Nonnunquam [anguilla] etiam de aqua egreditur ad agrum in quo pisa vel cicer seminatur", *De animalibus*, Lib. XXIV, cap. 8, ed. H. Stadler (Münster, Westfalia, 1920).

189 N. Jasny, "The daily bread of the ancient Greeks and Romans", *Osiris*, IX (1950), 228.

190 "Fortiora contra hiemes frumenta, legumina in cibo", *Naturalis historia*, XVIII, 7, ed. C. Mayhoff, III, 159.

191 *The Gregorian Sacramentary under Charles the Great*, ed. H. A. Wilson (Londres, 1915), 221.

192 E. Woods, W. M. Beeson y D. W. Bolin, "Field peas (pisum sativum) as a source of protein for growth", *Journal of Nutrition*, XXVI (1943), 327-35; J. S. Lester y W. J. Darby, *Nutrition and diet*, 6ª ed. (Filadelfia, 1952), 193. Para un análisis detallado del contenido proteínico de las legumbres y cereales, cf. M. L. Orr y B. K. Watt, *Amino Acid Content of Foods* (U. S. Department of Agriculture, Home Economics Bureau Research Department, Report 4), (Washington, 1957), 16-21, 24-33, 54-59.

193 Véase pág. 174.

194 Véase pág. 174.

pleno sentido vernáculo, la Edad Media, desde el siglo X en adelante, estuvo llena de habas[195].

4
El centro focal de Europa se traslada hacia el norte

En 1937 apareció con carácter póstumo la obra maestra del historiador belga Henri Pirenne, *Mahomet et Charlemagne*[196]. Desde entonces esta obra ha sido la máxima autoridad para el estudio de la historia económica del Mediterráneo entre el siglo V y el X. Según Pirenne, el mundo romano occidental no "cayó": se desintegró lentamente. Más o menos hasta el año 700, a pesar del caos político, se conservó la unidad esencial del Mediterráneo. Los mercaderes de Levante continuaron sus operaciones comerciales en el Oeste llegando hasta el reino merovingio, y de hecho es probable que ese comercio se mantuviese tan activo como en tiempos anteriores y más felices. Pero el surgimiento del Islam en el siglo VII desgarró el manto inconsútil del Mediterráneo. Se interrumpieron los contactos comerciales con Oriente y, al ser conquistada la España visigoda por los musulmanes en el siglo VIII, el rey de los francos quedó como único poder de cierta importancia en lo que restaba del Occidente latino. Separado de las grandes corrientes de la vida incesante del Mediterráneo, el reino franco se replegó en sí mismo y se convirtió en el núcleo de un nuevo tipo de civilización. El hecho de que el Islam destrozase la unidad cultural y comercial mediterránea fue, según Pirenne, "el acontecimiento más fundamental registrado en la historia europea desde las Guerras Púnicas. Señaló el término de la tradición clásica. Fue el comienzo de la Edad Media... Sin Mahoma, habría sido inconcebible Carlomagno"[197].

Ninguna otra obra histórica de nuestro siglo ha provocado tal desborde de investigación, sobre todo con sentido de oposición. Sus críticos han ya destruido con la mayor minuciosidad la tesis de Pirenne[198]. El

---

[195] L. White (h.), etc., "Symposium on the tenth century", *Medievalia et humanistica*, IX (1955), 3-29.

[196] (París, 1937); trad. ingl. por B. Miau (Nueva York, 1939).

[197] Trad. ingl., 164, 234.

[198] El más extenso análisis reciente es el de R. Latouche, *Les Origines de l'économie occidentale (IVe-XIe siècle)*, (París, 1956). Uno más breve es el de A. Riising, "The fate of Henri Pirenne's thesis on the consequences of the Islamic expansion; *Classica et medievalia*, XIII (1952), 87-130.

comercio del Mediterráneo sufrió una prolongada y constante decadencia; la conquista islámica no cerró el Mediterráneo al magro intercambio que aún existía entre Oriente y Occidente; los historiadores de la economía no pueden trazar una línea bien definida entre la época de los merovingios y la de los carolingios en lo que se refiere a los contactos con Oriente.

Pero esta controversia ha inducido a error. Las explicaciones de Pirenne fueron desbaratadas, pero lo que él trataba de explicar no ha sido todavía esclarecido por otros medios. El hecho visible del cual partía Pirenne era que el centro focal de Europa se había trasladado del Sur al Norte en la época carolingia, es decir, de las tierras clásicas del Mediterráneo a las grandes llanuras de desagüe del Loira, Sena, Rin, Elba, Danubio superior y Támesis. Las tierras de la oliva y la vid se mantuvieron vigorosas y productivas, pero ¿quién puede dudar de que, salvo durante breves períodos, el centro neurálgico de la cultura europea ha estado situado al Norte de los Alpes y del Loira desde el siglo IX hasta nuestros días? Si bien la respuesta de Pirenne ha sido refutada, la pregunta sigue en pie.

Una solución más perdurable del problema histórico que plantea el traslado del centro de gravitación de Europa del Sur al Norte ha de encontrarse en la revolución agrícola de la Alta Edad Media. En los comienzos del siglo IX ya se habían desarrollado todos los principales elementos interconectados de esta revolución: el arado pesado, los campos abiertos, el arnés moderno, la rotación trienal; todo, salvo la herradura de clavos, que aparecería cien años después. Por supuesto, la transición al sistema de tres campos significó un ataque tan vigoroso a las propiedades campesinas existentes, que su difusión más allá del centro del reino franco tuvo que ser necesariamente lenta; pero el hecho de que Carlomagno rebautizase los meses revela la gran importancia que el nuevo ciclo agrícola había cobrado en su pensamiento. Podemos suponer, sin temor de equivocarnos, que el incremento de su productividad representó un notable estímulo para el Norte aun en esa época.

La revolución agrícola en la Alta Edad Media se limitó a las llanuras del Norte, donde el arado pesado resultaba adecuado para los suelos ricos, donde las lluvias de verano permitían una abundante siembra de primavera y donde la cosecha de verano servía de alimento a los caballos que debían tirar del arado pesado. En esas llanuras se

desarrollaron las características distintivas del mundo de la última época medieval y del mundo moderno. Los mayores beneficios que el campesino del Norte obtenía de su labor elevaron su nivel de vida y, por consiguiente, su capacidad adquisitiva de productos manufacturados. Esto le proporcionó excedentes de alimentos que, desde el siglo X en adelante, permitieron a su vez una rápida urbanización. En las nuevas ciudades surgió una clase de artesanos especializados y mercaderes, los “burgueses”, que pronto lograron alcanzar el dominio de sus comunidades y crearon una forma de vida nueva y característica: el capitalismo democrático. Y en este nuevo contorno germinó el rasgo predominante del mundo moderno: la tecnología de la fuerza mecánica.

3. LA EXPLORACIÓN MEDIEVAL DE LA ENERGÍA Y LOS DISPOSITIVOS MECÁNICOS

La Baja Edad Media, que abarca *grosso modo* desde el año 1000 d.C. hasta fines del siglo XV, señala el período de evolución decisiva en la historia de los esfuerzos encaminados a aplicar mecánicamente a usos humanos las fuerzas de la naturaleza. Lo que hasta entonces había sido un tanteo empírico se convirtió con creciente rapidez en un programa deliberado y general, tendiente a dominar y encauzar las energías observables en torno del hombre. La tecnología mecánica que economiza mano de obra y que ha sido una de las características distintivas de Occidente en los tiempos modernos responde no sólo a una transformación de la actitud del hombre medieval frente a la explotación de la naturaleza, sino también, en gran medida, a determinadas conquistas logradas por el hombre en la Edad Media. El famoso pasaje de Descartes, casi al final de su *Discours de la Méthode* (1637)[1] donde dice que "podemos poseer una ciencia práctica con la cual, si conociéramos la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de las estrellas, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean -con la misma precisión con que conocemos los diversos oficios de los artesanos-, podríamos aplicarlas de igual manera a todos los usos que les son propios y convertirnos así en amos y poseedores de la naturaleza", no expresaba una proposición novedosa. Por el contrario, enunciaba un programa que ya había predominado en las ambiciones de muchas generaciones de "ingenieros"[2] y que desde largo tiempo atrás producía notables resultados.

1
La fuente de energía

Puesto que en la época helenística no sólo se inventó la leva[3], sino también el mecanismo de transmisión en sus tres formas fundamentales

---

[1] R. Descartes, *Oeuvres*, ed. C. Adam y P. Tannery, VI (París, 1902), 61-62.

[2] Véase pág. 175.

[3] B. Gille, "La Carne et sa découverte", *Techniques et civilisations*, III (1954), 8-9; A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed. (Cambridge, Mass., 1954), 140.

-estrella, corona y tornillo sin fin-,[4] y en el siglo I a.C. se fabricaban engranajes muy complicados[5], es extraño que los ingeniosos técnicos de entonces no hubiesen avanzado más en la explotación de fuentes de energía. No parece que el juguete de Herón de Alejandría en forma de turbina de reacción a vapor[6] y su pequeño y un tanto dudoso molino de viento[7] hayan ejercido influencia alguna sobre la tecnología hasta la época del Renacimiento[8].

Sin embargo, las décadas turbulentas durante las cuales Roma extendió su imperio sobre el Levante se singularizaron por una conquista mucho más perdurable que la *Pax Romana*: los comienzos del control de la energía hidráulica. Un papiro del siglo II a.C. habla de una *noria* o rueda de irrigación automática en Egipto[9], en tanto que hacia el año 18 a.C. Estrabón menciona la existencia de un molino de granos accionado hidráulicamente, en el palacio que Mitrídates, rey del Ponto, había terminado en el 63 a.C[10]. Antípater[11], contemporáneo de Estrabón, ensalza el molino hidráulico, que liberaba de penosas faenas a los esclavos. Indudablemente, las primitivas ruedas hidráulicas eran horizontales y giraban sobre un eje vertical fijo en la muela. Vitruvio empero, a quien comúnmente se lo sitúa a fines del siglo I antes de Cristo, da instrucciones para la construcción de una rueda hidráulica vertical de

---

[4] F. M. Feldhaus, *Die geschichtliche Entwicklung des Zahnrades* (Berlín-Reinickendorf, 1911), 5-11; C. Matschoss, *Geschichte des Zahnrades* (Berlin, 1940), 6-9; W. Treue, *Kulturgeschichte der Schraube* (Munich, 1955), 39-43, 57, 109.

[5] D. J. Price, "Clockwork before the clock", *Horological Journal*, XCVII (1955), 32-34; en *History of Technology*, ed. C. Singer, III (1957), 618, fig. 384; y "An ancient Greek computer", *Scientific of American*, CC (junio 1959), 60-67.

[6] *Pneumatikon*, ed. W. Schmidt (Leipzig, 1899), 1, 230; cf. A. G. Drachmann, Ktesibios, Philon and Heron: a study of ancient pneumatics (Copenhague, 1948), 128.

[7] Ibíd., I, 205. Sobre las dudas acerca de si se trata realmente de un molino, cf. II. J. Forbes, en Singer, op. cit., II (1956), 615, y Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II (Leiden, 1955), 111-112; H. P. Vowles, *The Quest for Power* (Londres, 1931), 123-124.

[8] M. Boas, "Hero's Pneumatica: a study of its transmission and influence", *Isis*, XL (1949), 38-48.

[9] M. Rostovtzeff, *Social and Economic History of the Hellentstic World* (Oxford, 1941), 363; cf. Estrabón, *Geographica*, XVII, 807, ed. A. Meinecke (Leipzig, 1899), III, 1125. La única representación antigua que nos queda de una noria de este tipo data de mediados del siglo u de nuestra era; cf. F. Mayence, "La Troisième campagne de fouilles à Apamée", *Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire*, V (1933), 6, fig. 5; Singer, op. cit., II (1956), 637, fig. 577. Probablemente Lucrecio se refiere a una noria, más que a un molino hidráulico, en *De rerum natura*, V, 516, ed J. Martini (Leipzig, 1934), 205.

[10] Estrabón, XII, 556, ed. oit., II, 781. Rostovtzeff (op. olt,, 385) señala que los papiros no mencionan molinos hidráulicos en Egipto durante la época antigua.

[11] *Anthologia palatina graeca*, IX, 418, ed. H. Stadtmueller (Leipzig, 1906), III, 402-403.

admisión inferior, lo cual supone engranajes que conectaban el eje horizontal de la rueda con el eje vertical de las muelas[12]. Como estos engranajes permiten una velocidad de rotación mucho mayor en las piedras que en la rueda, el molino de Vitruvio es la primera gran conquista en el diseño de maquinarias de fuerza motriz continua.

Es probable que en su origen la rueda hidráulica horizontal haya sido un invento de los bárbaros. En excavaciones escrupulosamente cuidadosas de dos represas de Jutlandia, una de las cuales se remonta a la época de Jesucristo y la otra es muy poco posterior, la configuración de los depósitos de cieno sólo ha podido ser explicada pensando en molinos de eje vertical[13]. Además, en el año 31 de nuestra era aparece en China una rueda hidráulica horizontal, similar a la anterior; ésta hacía girar un eje vertical con una muela en la parte superior, la cual, mediante una espiga excéntrica y una cuerda, ponía en movimiento los fuelles de un horno para fundir hierro[14]. La aparición casi simultánea de esta primera máquina de fuerza motriz en regiones tan alejadas entre sí como el Mediterráneo, Dinamarca septentrional y China, prueba su difusión desde algún centro aún desconocido, presumiblemente ubicado en el Norte y el Este del Imperio Romano.

En realidad, aun el llamado molino de Vitruvio pudo haber llegado al Mediterráneo desde otras partes. En el transcurso del siglo posterior a Vitruvio se conocía en China un mecanismo de martinete accionado hidráulicamente y utilizado para moler arroz[15]. Los martinetes pueden funcionar mediante un eje vertical provisto de aletas helicoidales, pero con certeza la primera máquina de este tipo aparece en Francia en 1578 [16], y ninguna clase de mecanismo de rosca llegó jamás a China antes de

---

[12] *De architectura*, X, 5, ed. y. Rose (Leipzig, 1899), 253-254. En cuanto a la más antigua representación de un molino de agua de este tipo, procedente de un mosaico del siglo y, véase G. Brett, "Byzantine watermill", *Antiquity*, XIII (1939), 354-356.

[13] Véase pág. 175.

[14] H. Chatley, "The developrnent of mechanisms in ancient China", Engineering, CLIII (1942), 175, indica la fecha año 50 d. C.; en cambio la doctora Annaliese Bulling, en carta al autor de este libro, fecha la fuente, *Hou Hanshu*, cap. 61, en el año 31 d. C.; J. Needham, "L'Unité de la science: l'apport indispensable de l'Asie", *Archives internationales d'histoire des sciences*, II, 1 (1949), 579, confirma esta datación.

[15] J. Needham, L. Wang, y D. J. Price, *Heavenly Clockwork* (Cambridge, 1959), 104, 109-111, 129. En el año 290 d. C. se encuentra en China una rueda hidráulica vertical de admisión inferior que accionaba martinetes para descascarar el arroz de una manera tan eficiente que descartó del mercado del arroz los desechos; cf. Chatley, loc. cit. Frente a ese testimonio, resulta extraño que a comienzos del siglo IX Ennin, al parecer, considerase una cosa rara los molinos hidráulicos; cf. E. A. Reischauer, *Ennin's Travels in China* (Nueva York, 1955), 156.

los tiempos modernos[17]. Por consiguiente, debemos inferir que aquellos martinetes chinos eran puestos en movimiento mediante levas fijas en el eje horizontal de una rueda hidráulica vertical. La difusión desde Roma a China de tan novedoso y complejo dispositivo como la rueda hidráulica vertical, en las dos o tres generaciones transcurridas entre la época de Vitruvio y la del *Hou Han-shu* es tan improbable que debemos buscar algún otro todavía misterioso punto intermedio de irradiación.

No obstante, a pesar de la utilidad potencial de la rueda hidráulica y del hecho de que la aún más poderosa rueda hidráulica de admisión superior fuese conocida en el Mediterráneo tal vez hacia el siglo IV[18] y sin duda ninguna en el V[19], ni Roma ni China dieron muestras de imaginación tratando de aplicarlas a procesos industriales. El único indicio de que quizás haya sido utilizada por los romanos para algo que no fuese moler granos[20], se encuentra en el *Mosella* de Ausonio[21], escrito presuntamente alrededor del 369 de nuestra era, donde se habla del estridente ruido de sierras hidráulicas que cortaban mármol en las orillas del Ruwar, tributario del Mosela. El que no se conozca ninguna otra sierra hidráulica hasta la época del cuaderno de apuntes de Villard de Honnecourt[22], que data aproximadamente del 1235, no haría más que poner de relieve la pobreza de nuestras fuentes para la historia primitiva de la tecnología, si no fuera por otras enredadas circunstancias que rodean al *Mosella*.

---

[16] J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinarum* (Lyón, 1578), lám. 46; acerca de un artefacto similar, cf. A. Ramelli, *Le Diverse et artificiose machine* (París, 1588), fig. 57.

[17] H. Chatley, "Engynes: the eotechnic phase of mechanical development", *Engineering*, CLXII (1946), 388; y su "The development of mechanisms in ancient China", *Transactions al the Newcomen Society*, XXII (1941-42), 137.

[18] C. L. Sagui, "La Meunerie de Barbegal (France) et les roues hydrauliques chez les anciens et au mayen âge", *Isis*, XXXVIII (1948), 225-3 1, va más allá de las pruebas disponibles al reivindicar variadas aplicaciones industriales de la energía hidráulica en la época romana.

[19] A. W. Parsons, "A Roman water-mill in the Athenian Agora", *Hesperia*, V (1936), 70-90. La única representación antigua que se conserva de una rueda hidráulica de admisión superior, cerca de Santa Inés, en Roma, aparentemente no ha sido dada a publicidad ni fechada, cf. A. Profumo, en Nuovo *bulletino di archeologia cristiana*, XXIII (1907), 108.

[20] Véase pág. 176.

[21] Ed. II. G. E. White (Londres, 1919), 1, 252, Vs. 362-64:
Praecipiti torquens cerealia saxa rotatu
Stridensque trahens per levia marmora serras
Audit perpetuos ripa ex utraque tumultus.

[22] Véase pág. 176.

En la región del Ruwar, la única piedra de valor comercial que se encontró es una pizarra azul para techos, tan quebradiza que no hace falta ni es posible aserrarla[23]. No cabe concebir que para aserrar el mármol en bruto se lo transportase a un arroyuelo tan escondido, toda vez que en la Galia septentrional no escaseaban buenos sitios para la instalación de molinos. Además, Plinio[24], nos informa que (al igual que en tiempos modernos) el mármol no se aserraba con sierras dentadas sino con una sierra lisa y un abrasivo. Esto significa que la sierra para mármol en la época de Ausonio debió de haber sido una sierra horizontal. Empero, una sierra horizontal hidráulica implicaría la necesidad de mecanismos convertidores del movimiento mucho más complicados que los del próximo dispositivo similar, la sierra vertical de Villard, para madera, casi nueve siglos posterior.

Por otra parte, es curiosa la tradición del manuscrito del *Mosella*[25]. Este poema nunca figura en las recopilaciones importantes de escritos de Ausonio, y una carta "probatoria", presumiblemente de Símaco, que siempre lleva anexa, tampoco se halla incluida en las colecciones corrientes de cartas de Ausonio en las que predomina su correspondencia con Símaco. De hecho, esa carta aparece en las recopilaciones de la correspondencia del propio Símaco. Sin embargo, ningún manuscrito de esta sección se remonta más allá del siglo XI, y es posible que la carta haya sido insertada por algún copista erudito que la conoció por el *Mosella*. Ermenrico de St. Gall, que vivió hacia el año 850, dejo una carta en verso y un epigrama que, según se supone, se apropian de algunos versos del *Mosella* y los modifican. Pero ¿estamos seguros de que Ermenrico fue el saqueador, y no el saqueado? El manuscrito más antiguo en que figura el *Mosella* (Codex Sancti Galli 899) se atribuye al siglo x y procede del scriptorium de esa abadía. En otras palabras, el *Mosella*, poema que tanto por su estilo literario como por su sensibilidad frente a la naturaleza se eleva notable y sospechosamente por encima del nivel de otras obras ciertamente auténticas, sólo aparece en

---

[23] *Mosella*, ed. E. Böcking (Berlín, 1828), 60. Forbes, *Studies*, II (1955), 104, afirma que la existencia de esas sierras para mármol se halla confirmada por Venancio Fortunato (muerto en el 600 d. C., aprox.). Empero, su fuente, *Carmina*, III, 12, vs. 37-38 (*MGH, Auct. antiq.*, IV, 65), menciona simplemente molinos para la molienda de granos:

Ducitur inriguis sinuosa canalibus unda,
Ex qua fert populo hic mola rapta cibum.

[24] *Naturalis historia*, XXXVI, 6, cd. C. Mayhoff (Leipzig, 1897), y. 325

[25] *La Moselle d'Ausone*, cd. H. de la Ville de Mirmont (París, 1889), pp. IX, XI, XV.

manuscritos tardíos y marginales de ese autor. ¿No es posible que haya sido obra de algún humanista de comienzos de la Edad Media? Basta con que recordemos el anónimo "O, tu qui servas armis ista moenia", para reconocer que a fines del siglo IX y en el siglo X hubo poetas latinos de muy elevada categoría. En tanto no se aclaren las anomalías que rodean al *Mosella*, debemos proceder con cautela en la aceptación de sus sierras hidráulicas como de fines del siglo IV y no del siglo X.

Y de hecho, precisamente a fines del siglo X o en el XI empezamos a encontrar pruebas de que la energía hidráulica se utilizaba para otros procesos distintos de la molienda de granos. Por el año 983 existía probablemente un batán -primera aplicación útil de la leva en Occidente- a orillas del Serchio, en Toscana[26]. En 1008, en una donación de propiedades a un monasterio de Milán se mencionan no sólo molinos para moler grano, sino también *fullae*, que probablemente eran batanes, instaladas junto a los primeros, a orillas de los arroyos[27]. En 1010 el topónimo Schmidmülen, en el Oberpfalz[28], revela que en las fraguas de Alemania funcionaban martinetes hidráulicos. Más o menos entre los años 1040 y 1050 había en Grenoble un batán, y alrededor del 1085 existía otro destinado a trabajar el cáñamo.[29] En el año 1080 la abadía de San Wandrille, en las cercanías de Ruán, recibía los diezmos de un batán[30], y en 1086 dos fundiciones inglesas pagaban el arriendo en tochos de hierro[31], señal de que se empleaba energía hidráulica en las fraguas. Antes de finalizar el siglo XI se encuentran así mismo fundiciones de hierro cerca de Bayona, en Gascuña[32].

---

[26] A. Uccelli, *Storia della tecnica dal medio eco ai nostri giarni* (Milán, 1945), 132. R. Meringer, "Die Werkzeuge der pinsere-Reihe und ihre Namen (Keule. Stampfe, Hammer, Anke) ", *Wörter und Sachen*, I (1909), 23-24, V. Geramb, "Ein Beitrag zur Geschichte der Walkerei", ibid., XII (1929), 37-46, y A. Dopsch, *Die Wirtschaftsentwicklung der Karolingerzeit* (Weimar, 1913), II, 145, fuerza las pruebas al descubrir batanes en la abadía de St. Gall en el siglo IX.

[27] G. Giulini, *Memorie spettanti alla storia di Milano* (Milán, 1760), III, 67.

[28] F. M. Ress, "Des Eisenhandel den Oberpfalz in alter Zeit", *Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte*, XIX, 1 (1951), 9.

[29] K. Lamprecht, *Beitrage zur Geschichte der französische Wirtschaftsleben im alt ten Jahrhundert* (Leipzig, 1878), 105, n. 28.

[30] R. V. Lennard, "An early fulling-mill", *Economic History Review*, XVII (1947), 150

[31] H. James, *Domesday Book Facsimile*, Somersetshire (Southampton, 1862), p. XII: "ii molini reddentes ii plumbas ferni". Los demás molinos citados en el *Domesday Book* pagaban en dinero o con anguilas, o de ambas maneras.

[32] "Problème du moulin à eau", *Techniques et civilisations*, II (1951), 34.

Aunque a la mentalidad moderna, que acepta la tecnología mecánica corno algo axiomático, le parece incomprensible el milenio transcurrido entre la aparición del primer molino hidráulico y sus aplicaciones más amplias, esos mil años distaron mucho de haber sido estáticos en cuanto a la difusión de la energía hidráulica. Aun en los períodos más oscuros de la Alta Edad Media -generaciones acerca de las cuales nuestras fuentes de información son considerablemente menos ricas que para las de la época romana-, los testimonios documentados de molinos hidráulicos son mucho más frecuentes y se hallan más esparcidos que antes[33]. En 1086 el *Domesday Book* enumera 5.624 molinos en unas 3.000 comunidades inglesas[34]. No hay razón alguna para creer que Inglaterra estuviese tecnológicamente más avanzada que el continente. En el siglo XI toda la población de Europa tenía constantemente a la vista alguna muestra importante de tecnología mecánica, de manera que comenzaban ya a reconocerse las ventajas de sus aplicaciones.

En el siglo XI aparece el primer indicio de interés en nuevas fuentes de energía bajo la forma de molinos accionados por la fuerza de las mareas. Al parecer, este tipo de molino representaba tal vez un paso más avanzado que el molino accionado por una corriente de agua, pero de todos modos significa que los hombres que vivían en estuarios pantanosos, o en pequeños puertos donde las corrientes eran insuficientes, ya no se resignaban a aceptar su suerte. En 1044 un molino de marea funcionaba en las lagunas de la parte superior del Adriático[35]. En algún momento entre los años 1066 y 1086 se construyó un molino de esta clase a la entrada del puerto de Dover[36]. Debido a la fluctuación estacional de la altura de las mareas, los molinos que utilizan

---

[33] M. Bloch, "Avènement et conquêtes du moulin à eau", *Annales d'histoire économique et sociale*, VII (1935), 545; B. Gille, "Le Moulin à eau: une révolution technique médiévale', *Techniques et civilisations*, III (1954), 2-3.

[34] M. T. Hodgen, "Domesday water mills", *Antiquity*, XIII (1939), 266. R. Lennard, *Rural England*, 1086-1135 (Oxford, 1959), 278-80, aduce razones que permiten considerar muy bajo este cómputo. En el siglo IX estaba en funcionamiento en Old Windsor un molino de tres ruedas; cf. *Medieval Archaeology*, II (1958), 184. A fines del siglo XI se invertían a veces grandes sumas en energía hidráulica. En 1097 el emperador Enrique IV hizo construir con gran dificultad y costo un canal, cuyos restos aún existen, abierto entre las escarpadas rocas que flanquean el río Klamm en el Tirol, a fin de proporcionar una caída de agua a los molinos de la Abadía de Viecht, cerca de Schwaz; cf. C. Reindl, "Die Entwicklung den Wasserkraftnutzung und den Wasserkraftmaschinen", *Wasserkraft Jahrbuch*, I (1924), 4, fig. 2.

[35] G. Zanetti, *Delle origini di alcuni arti principali presso i Veneziani* (Venecia, 1841), 65; cf. 66 para otro molino de marca en Venecia, en 1078

[36] *Domesday Book*, ed. A. Fanley (Londres, 1783), I, 1.

la fuerza de éstas no dan buenos resultados; sin embargo, continuaron siendo bastante comunes en toda la Baja Edad Media[37]. Su invención reviste importancia principalmente como un augurio de cosas venideras, como síntomas de una nueva actitud que habría de modificar por completo la pauta de la vida humana.

Había quienes vivían en planicies donde los ríos corrían demasiado pesadamente como para hacer girar con energía una rueda, y donde la construcción de una represa implicaba anegar demasiadas tierras buenas para la agricultura. ¿Podrían utilizarse las corrientes de aire? El carácter exploratorio de la tecnología occidental se manifiesta claramente en el siglo XII con el invento del molino de viento, que rotaba en torno a un eje ligeramente inclinado por encima del horizonte con el objeto de asegurar un efecto de turbina en sus aspas.

Puesto que en las zonas donde impera el chamanismo las banderas flameantes constituyen una suerte de plegaria, se ha supuesto a veces que el cilindro tibetano de rezos impulsado por el viento, construido a modo de un anemómetro y que gira sobre un eje vertical, no solamente es muy antiguo sino que también sirvió, probablemente, de inspiración para los molinos de viento en general[38]. Pero todavía no ha sido posible asignar fecha al origen de ese dispositivo[39]. En realidad, parecería que la idea inicial de ganar méritos religiosos mediante la rotación de escritos sagrados es china, más que tibetana. Tal vez y a en el siglo VI, y sin duda alguna hacia el año 823[40] en monasterios budistas chinos se instalaron a veces estantes giratorios de libros, por lo general octogonales, para guardar las *Tripitaka* y facilitar su consulta. Dado que en el 836 se menciona uno en Suchow[41], con un mecanismo de freno para detener su rotación, la intención primitiva no pudo ser la de alcanzar recompensas espirituales simplemente con hacerlo girar. Sin

---

[37] L. Delisle, "On the origin of windmills in Normandy and England", *Journal of the British Archaeological Association*, VI (1851), 406; Gille, op. cit., 4-5; *Techniques et civilisations*, II (1951), 34.

[38] H. T. Horwitz, "Über das Aufkommen, die erste Entwicklung und die Verbreitung von Windrädern", *Beitrage zur Geschichte der Technik und Industrie*, XXII (1933), 99.

[39] La afirmación de Horwitz, loc. cit., y R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technologv*, II (Leiden, 1955), 112, de que Fa-hsien lo observó en Asia Central hacia el 400 d. C. se basa en una traducción errónea; cf. L. C. Goodrich, "The revolving book-case in China", *Harvard Journal of Asiatic Studies*, VII (1942), 154; cf. *infra*, pág. 134, n. 247.

[40] Ibid., 133.

[41] S. Lévi y E. Chavannes, "Quelques titres énigmatiques dans la hiérarchie ecclésiastique du Boud-dhisme indien", *Journal asiatique*, 11ª serie, VI (1915), 308.

embargo, a principios del siglo XII se difundió por toda China un nuevo estilo de piedad mecanizada: Yeh Meng-tê (muerto en el 1148) nos cuenta que "desde hace poco ... en seis o siete templos de cada diez puede escucharse el ruido de las ruedas de los estantes giratorios"[42], seguramente no como resultado de una actividad intelectual. El hecho de que en la Mongolia moderna algunos grandes cilindros de rezos sean octogonales sugiere que en Asia Central estos dispositivos, que contienen *mantras*, se inspiraban en los estantes giratorios de libros que encontramos en China[43].

Tal como ya se ha dicho, la primera aplicación de la fuerza del viento a los cilindros de rezos se halla totalmente envuelta en brumas. En el Tíbet, entonces, los molinos se utilizan únicamente en la tecnología de la pleglaria[44]; en China se los emplea solamente para el bombeo o para arrastrar barcas de canal a lo largo de esclusas, pero no para moler granos[45]; en Afganistán, en cambio, su aplicación principal es la molienda de grano[46]. Esto induciría a creer en una difusión del mecánicamente más sencillo artefacto tibetano en dos direcciones, en cada una de las cuales habría hallado una aplicación diferente. Los molinos de viento no se encuentran en China antes de fines del siglo XIII [47]. En el Sur de Afganistán, en cambio, ya desde principios del siglo X[48] está claramente atestiguada la existencia de molinos de viento de eje vertical, que responde a un modelo emparentado con los del Tíbet y

---

[42] Goodrich, op. cit., 137; cf. 141-143.

[43] ibid., 161, n. 59.

[44] Horwitz, op. cit., 99.

[45] G. Bathe, *Horizontal Windmills, Draft Mills and Similar Airflow Engines* (Filadelfia, 1948), 4. En Flandes quizá ya desde el siglo XII se utilizaban ruedas hidráulicas para empujar barcas a lo largo de canales en pendiente; cf. D. H. Tew, "Canal lifts and inclines", *Transactions of the Newcomen Society*, XXVIII (1951-53), 36.

[46] Bathe, loc. cit.

[47] J. Needham, *Science and Civilisation in China*, I (Cambridge, 1954), 245. Chatley, op. cit., 176, cree que el velamen de los juncos influyó en la forma de las aspas de los molinos de viento en China.

[48] Al-Mas'ūdi, *Les Prairies d'or*, ed. y tr. C. Barbier de Meynard y P. de Courteille (París, 1863), II, 80; al-Iṣṭajrī, "Das Buch der Länder", tr. A. D. Mordtmann, *Schriften der Akademie von Hamburg*, I, II (1845), 110. At-Tabarī, *Selections from the Annals*, ed. M. J. de Goeje (Leiden, 1902), 1, y Al-Mas'ūdi, IV (1865), 226-27, menciona variantes de un relato del año 644 d. C., según el cual el califa Omar ordenó a un esclavo-artesano persa que construyera un molino accionado por el viento. Dejando por completo de lado los problemas que plantea un lapso de 300 años de transmisión oral, no se puede utilizar ese relato como una prueba de la existencia de molinos de viento en el siglo VIII. H. T. Horwitz, op. cit., 96 llega a la conclusión de que, por el contrario, prueba la no existencia de aquéllos: esa orden parecía tan imposible de cumplir que el esclavo desesperado asesinó al califa.

China; pero no hay prueba alguna de que este tipo de molinos se hubiese extendido a otras partes del Islam[49]. En cuanto a Europa, el primer molino de viento de eje vertical aparece bosquejado en el cuaderno inédito de Mariano Jacopo Taccola, cuya fecha puede fijarse entre los años 1438 y 1450[50].

El típico molino de viento europeo fue un invento independiente, inspirado tal vez en el molino hidráulico corriente del tipo denominado vitruviano. Una carta de privilegio de St. Mary's, en Swineshead (Lincolnshire), que ha sido fechada en el año 1170, o por lo menos anterior a abril de 1179, menciona un molino de viento como si hubiese existido allí desde mucho tiempo atrás, pero ciertas ambigüedades sugieren una posible interpolación[51]. Otra carta de privilegio aparentemente auténtica, que Léopold Delisle atribuye más o menos al 1180[52], menciona un molino de viento en Normandía; pero este documento carece de fecha y puede muy bien ser varios años posterior. El primer molino de viento de que se tiene noticia cierta en Occidente se encontraba en 1185 en Weedley (Yorkshire), donde era alquilado por ocho chelines al año[53]. Antes de la muerte de Enrique II, ocurrida en 1189, uno de sus condestables dio a la abadía Oseney[54] un molino existente en las proximidades de Buckingham. En 1191 o 1192 Jocelin de Brakelond habla de uno de esos molinos como si no fuese novedad[55].

---

[49] Véase pág. 176.

[50] Biblioteca Estatal de Munich, Cod. lat. 197. fol. 87ʳ; A. Uccelli, *Storia della tecnica* (Milán, 1945), 10, fig. 28; cf, L. Thorndike, "Marianos jacobus Taccola", *Archives internationales d'histoire des sciences*, VIII (1955), 7-26.

[51] Véase pág. 177.

[52] Delisle, op. cit., 403. La afirmación de 5. Lilley, *Men, Machines and History* (Londres, 1948), 211, de que el molino de viento europeo aparece por primera vez en una carta de privilegio de 1105, no se halla avalada: hace más de un siglo Delisle, loc. cit., demostró que esa carta de privilegio tiene que haber sido fraguada, puesto que menciona un Abad de Savigny siete años antes de que se fundara la abadía. Los Estatutos de la República de Arles, que datan de una fecha entre 1162 y 1202, y que mencionan "molendina tam aure quam aque", no pueden lógicamente invocarse para demostrar la existencia de molinos de viento en Provenza antes de 1202; no obstante, esa reforma insinúa que hacia esta fecha los molinos de viento eran algo que se daba por conocido en las orillas del Mediterráneo; ver el texto en C. J. B. Giraud, *Essai sur l'histoire du droit français au mayen âge* (París, 1846), II, 208.

[53] *Records of the Templars in England in the Twelfth Century: The Inquest of 1185*, ed. B. A. Lees (Londres, 1935), 131. Ibid. 135 registra la entrada un poco posterior a 1185 de un molino de viento en Dunwich, Suffolk, probablemente donado a los Templarios por Ricardo I, es decir, antes de 1199.

[54] *Cartulary of Oseney Abbey*, ed. H. E. Salter (Oxford, 1935), y. 209, Nº 692.

[55] *The Chronicle of Jocelin of Brakelond*, ed. y tr. II. E. Butler (Londres, 1949), 59-60. The Kalendar of Abbot Samson of Bury St. Edmunds and Related Documents, ed. R. H. C. Davis. (Londres, 1954), no

Por ese mismo tiempo, según el relato que de la Tercera Cruzada hace Ambrosio, testigo ocular,

los soldados alemanes usaron su pericia
para construir el primer molino de viento
que Siria conoció alguna vez[56],

pasaje que confirma la creencia de que el molino de Viento europeo no fue difundido por el Islam. El hecho de que en un lapso de siete años desde su aparición, el molino de viento haya sido observado desde Yorkshire hasta el Levante, es fundamental para nuestra comprensión del dinamismo tecnológica de aquella época. Su cabal integración en el marco de las costumbres medievales se concretó cuando el papa Celestino III (1191-98) ordenó que los molinos pagasen diezmos[57].
Durante los cien años siguiente, los molinos de Viento se convirtieron en uno de los rasgos más característicos del paisaje de las grandes llanuras en el Norte de Europa, donde ofrecían evidentes ventajas en razón de la topografía. Además, y en contraste con el molino hidráulico, su funcionamiento no se interrumpía en invierno por la congelación del agua. Como consecuencia, durante el siglo XIII; por ejemplo, solamente en las cercanías de Ypres se construyeron 120 molinos de viento[58]. Asimismo, los molinos de viento podían moler grano para un castillo sitiado. Krak des Chevaliers[59], en Siria, la más poderosa fortaleza medieval, concluida hacia el 1240, tenía un molino de viento en sus murallas. Los molinos de viento se difundieron con más lentitud en la Europa meridional que en el Norte, quizá porque el problema de las heladas no era tan grande, o quizás, también, porque los cursos de agua son en general más veloces en esa región que en las grandes llanuras. No obstante, a más tardar hacia el año 1319 el molino de

menciona ese molino en Haberdon, pero nos permite fechar con gran probabilidad en 1191 (127, n. 2) el arriendo vitalicio de los solares de Semer y Groton que precede inmediatamente al episodio del molino de viento en la crónica de Jocelin.

[56] Ambroise, *L'Estoire de la guerre sainte*, ed. G. Paris (París, 1897), vs. 3227-29; tr. M. J. Hubert (Nueva York, 1941).

[57] P. Jaffé, *Regesta pontificum ronsanorum* (Leipzig, 1888), Nº 17.620, al archidiácono Bertrand de Dol, en Bretaña; *Corpus juris canonici*, ed. E. Friedberg (Leipzig, 1881), II, 563: *Decretales Gregorii IX*, Lib. III, tít. 30, cap. 23.

[58] P. Boissonnade, *Life and Work in Medieval Europe* (Londres, 1927), 186; cf. también R. Bennett y J. Elton, *History of corn milling* (Londres, 1898), II, 238.

[59] P. Deschamps, *Crac des chevaliers* (París, 1934), 269, y cf. 103.

viento era lo bastante conocido en Italia como para que Dante pudiera utilizarlo como metáfora al describir a Satanás que agita sus brazos "come un molin che il vento gira"[60]. En 1332 se menciona un molino de viento en Venecia[61], donde por el tipo de terreno seguramente prestaría especial utilidad.

Particularmente en Europa meridional continuaron existiendo rincones retrasados tecnológicamente; se justificaba la extrañeza de Don Quijote frente a los molinos de viento: según parece, éstos sólo fueron introducidos en La Mancha en la época de Cervantes[62]. No obstante, a pesar de nuestra escasez de estudios fundamentales sobre este proceso, es un hecho manifiesto que a principios del siglo XIV Europa había avanzado extraordinariamente en la sustitución del trabajo humano por la energía hidráulica y la del viento en las industrias básicas [63]. Por ejemplo, en Inglaterra durante el siglo XIII el abatanado mecánico del paño, en lugar del viejo método del enfurtido a mano o con los pies, influyó indiscutiblemente en la decisión de trasladar el centro de la manufactura textil de la región sudeste a la noroeste, donde podía contarse más fácilmente con energía hidráulica[64]. Y no es que Inglaterra estuviese especialmente adelantada, por cierto: los reglamentos de una guilda de Speyer, en 1298, demuestran que también en esa zona los batanes habían desplazado por completo a las técnicas anteriores[65]. Análogamente, a lo largo de toda Europa iban a encontrarse cada vez en mayor cantidad instalaciones mecánicas para curtir o lavar; para

---

[60] *Inferno*, XXXIV, 6.

[61] Zanetti, op. cit., 68. En 1341 los molinos de viento eran conocidos en Milán; cf. infra, pág. 142, nota 302.

[62] M. de Cervantes Saavedra, *El ingenioso hidalgo Don Quilate de la Mancha*, ed. D. Clemencín (Madrid, 1894), I, 189, n. 1; J. Celador y Frauca, *La lengua de Cervantes* (Madrid, 1906), II, 745; cf. *infra*, p. 176.

[63] El estudio general mejor documentado es el de B. Gille "Le Moulin à eau, une révolution technique médiévale", *Techniques et civilisations*, III (1954), 1-15; cf. su resumen "Le Machinisme au moyen âge", *Archives internationales d' histoire des sciences*, VI (1953), 281-86. Para un ejemplo de estudio de una industria, cf. O. Johannsen, *Geschichte des Eisens*, 3ª ed. (Düsseldorf, 1953), 92-93; sin embargo, carece de documentación. Por desgracia, hay hasta ahora pocas monografías como la de G. Sicard, *Les Moulins de Toulouse au mayen âge* (París, 1953), que aprovechen no solamente el material publicado sino también la documentación de los archivos.

[64] E. M. Carus-Wilson, "An industrial revolution of the thirteenth century", *Economic History Review*, XI (1941), 39-60; R. Lennard, "Early English fulling mills: additional examples", ibid., 2ª serie, III (1951), 342-43.

[65] Edición preparada por F. Mone en "Zunftorganisation vom 13. bis 16. Jahrhundert", *Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins*, XV (1863), 280.

aserrar maderas; para triturar cualquier cosa, desde aceitunas hasta minerales; para accionar los fuelles de los altos hornos, los martinetes de forja o las muelas destinadas a terminar y pulir armas y armaduras; para reducir los pigmentos que se usaban en pintura, o en la pulpa para el papel, o el mosto para la cerveza. Esta revolución industrial de la Edad Media, basada en el agua y en el viento, parecería haber alcanzado su máximo refinamiento en 1534, cuando el italiano Matteo dal Nassaro instaló a orillas del Sena, en París, una pulidora mecánica de piedras preciosas[66], de la que no tardó en apoderarse la casa real de moneda, en 1552, para la fabricación de las primeras monedas "mecánicamente" acuñadas[67].

Lo que ahora nos interesa no es demostrar este sorprendente auge de la productividad, sino más bien examinar la nueva actitud exploratoria con respecto a las fuerzas de la naturaleza, actitud que permitió a la Europa medieval descubrir y tratar de dominar otras fuentes de energía que han sido culturalmente eficaces sobre todo en los tiempos modernos.

Como lo demuestran la *eolipila* de Nerón y varios otros artefactos antiguos[68], la fuerza expansiva del vapor caliente era ya conocida en la época helenística, pero durante más de mil años se realizaron escasos esfuerzos para aprovecharla. De la Bizancio del siglo VI nos llega el relato de cómo Antemio de Tralles, que no sólo fue arquitecto de Hagía Sofía, matemático y autor de un tratado sobre espejos parabólicos, sino también un bromista práctico, aterrorizó a su molesto vecino Zenón con un terremoto simulado producido mediante la presión del vapor[69]. La descripción que en el siglo XII hizo Guillermo de Malmesbury[70] del órgano construido por Gerberto en el siglo X, ha sido interpretada como

---

[66] E. Babelon, *Histoire de la gravure sur gemmes en France* (París, 1902), 132: "un moulin porté par basteaulx pour pollir dyamans, aymerauds, agattes et aultres espèces de pierres". En el siglo XIV el perfeccionamiento de los métodos para la talla de piedras preciosas comenzó a desviar la atención de los joyeros hacia las gemas con preferencia al oro y los esmaltes; cf. J. Evans, *History of Jewelry, 1100-1870* (Nueva York, 1953), 71-72, 141-42; P. Grozinski, "History of diamond polishing", *Transactions of the Newcomen Society*, XXVIII (1951-53), 203.

[67] W. J. Hocking, "Some notes on the early history of coinage by machinery", *Numismatic Chronicle*, 4ª serie, IX (1909), 68-69.

[68] A. Neuburger, *Die Technik des Altertums*, 2ª ed.. (Leipzig, 1921), 232-34; H. Diels, *Antike Technik*, 2ª ed. (Leipzig, 1920), 57- 61; *supra*, p. 97, n. 6.

[69] Agathias, *De imperio et rabos gestis Justiniani imperatoris*, V, ed. B. Vulcano en *Corpus historiae byzantinae*, III (Venecia, 1729), 105.

[70] *Gesta regum Anglorum*, II, 168, ed. W. Stubbs (Londres, 1887), I, 196.

que el futuro papa Silvestre II había fabricado un calíope de vapor, pero probablemente esa interpretación es incorrecta[71].

No obstante, existió en la Antigüedad un artefacto muy sencillo que cautivó la imaginación de los estudiosos durante la Baja Edad Media y les inspiró una creciente preocupación por la fuerza del vapor. Vitruvio[72] describe "aeolipilae aereae cavae; hae habent punctum angustissimum, quo aqua infunduntur, collocanturque ad ignem, et antequam calescant, non habent ullum spiritum; simul autem ut fervere coeperint, efficiunt ad ignem vehementem flatum". Después de la época romana no tenemos ningún otro testimonio sobre la existencia de estos fuelles de vapor hasta el siglo XIII, en que Alberto Magno nos dice[73]: "Tomad una vasija de barro resistente en la que se hayan hecho dos orificios. Llenadla de agua, colocad tapones bien ajustados en los orificios y acercadla al fuego. Pronto el vapor hará saltar los tapones de los orificios y desparramarse el agua caliente alrededor. Por eso este tipo de vasija se llama *sufflator*, o sea fuelle, y se le da comúnmente la forma de un hombre".

Las últimas palabras de Alberto son significativas: Vitruvio había pensado en su fuelle como un ejemplo ilustrativo de la fuerza de los vientos, y evidentemente en el siglo XIII la forma de la caldera se halla asociada al estereotipo de las cabezas de Eolo de cuyas bocas salen los vientos[74]. A comienzos del siglo XIII[75] la imaginación popular, alimentada por esta clase de aparatos, empezó a atribuir a Gerberto una cabeza mágica de oro que le susurraba secretos. La misma leyenda fue aplicada con el tiempo a Roger Bacon, Robert Grosseteste, Alberto

---

[71] W. Apel, "Early history of the organ", *Speculum*, XXIII (1948), 193.

[72] *De architectura*, Lib. I, cap. 6, ed. V. Rose y H. Miiller-Strühing (Leipzig, 1867), 24. En el siglo siguiente el *Pneumatikon* de Herón, cd. \V. Schmidt, 1. 312, describe un samovar para producir agua caliente que ha de mezclarse con vino y en el que un chorro de vapor hace las veces de fuelle; cf. Drachmann, *Ktesibios*, 131. Ningún dispositivo de este tipo es dable observar en las representaciones más antiguas (siglo XII) de samovares que he encontrado: ***Biblioteca Vaticana***, Cod. griego 747, fol. 249', y nueve ejemplares en la *Bibliothéque Nationale*, MS. griego 74; fotografías en el Indice Princeton de Arte Cristiano.

[73] *Alberti Magni opera omnia* (París, 1890), IV, 634: *De meteoris*, Lib. IV, cap. 17, que también atribuye los terremotos a la fuerza del vapor subterráneo.

[74] Un artefacto similar se utiliza en el Tibet, pero el doctor Douglas Barrett del Departamento de Antigüedades Orientales del Museo Británico me informa que todo, los objetos de esta clase pertenecientes a esa colección tienen forma de pájaros. En Europa no se cuenta con ninguna referencia hasta O. B. Isaachi, *Inventioni* (Parma, 1579), 18-20, acerca de que los *sufflatores* se hiciesen imitando formas animales.

[75] L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science* (Nueva York, 1929), I, 705.

Magno, Guido Bonatti y aun a Virgilio[76], aunque en estos casos la cabeza es comúnmente de latón y se la debe calentar para que susurre. Por fortuna han llegado hasta nosotros varios de estos fuelles en forma de cabezas humanas, del siglo XIII en adelante[77]. Eran tan útiles que atrajeron la atención de los técnicos militares. Si se los colocaba cerca del fuego, el chorro de vapor que emergía de la boca se dirigía hacia el fuego y, como en su precipitada salida llevaba consigo mucho mas aire que vapor de agua, estos artefactos resultaban particularmente útiles cuando se quemaba madera verde o se encendían fogatas en el campo con tiempo húmedo. Konrad Kyeser dibuja uno en 1405[78]; en 1464 Filarete describe un par de morillos provistos de fuelles antropomorfos[79]; y mas o menos entre el 1478 y el 1495 Leonardo de Vinci bosqueja tres fuelles de este tipo con cabezas de latón[80]. Los comienzos de una forma más abstracta se registran en la traducción de Vitruvio hecha por Cesariano en el 1521[81], en la obra de Lázaro Ercker (1574), donde se incluye la representación de un *sufflator* a modo de alambique para soplar el fuego debajo de un hornito[82]; y, cinco años después, en el fuelle esférico de Isaachi que, según él dice, "lanza un viento tan fuerte que sobrepasa a cualquier fuelle grande"[83]. Pero la cabeza medieval de

---

[76] Ibíd., II, 680, 825; J. W. Spargo, *Virgil the necromancer* (Cambridge, Mass., 1934), 132-33; J. O. Russell, "Richard of Bardney's account of Robert Grosseteste's early and rniddle life", *Medievalia et humanistica*, II (1944), 46, 48; A. O. Crombie, *Robert Crosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700* (Oxford, 1953), 187, n. 3; J. Voskuil, "The speaking machine through the ages", *Transactions of the Newcomen Socbety*, XXVI (1947-49 -1953-), 259-61.

[77] E. M. Feldhaus, "Em Dampfapparat von vor tausend Jahren", *Prometheus*, XXV (1913-14), 69-73

[78] E. M. Feldhaus, *Die Technik dar Vorzeit* (Leipzig, 1914), 845, fig. 553.

[79] A. A. Filarete, *Trattato dell'architettura*, escrito en 1464, ed. y tr. por W. von Oettingen, *Traktat über die Baukunst* (Viena, 1896), 309-10.

[80] *Codice atlantico*, fols, 80ʳb, 380ᵛa, 400ᵛa; para las fechas, cf. O. Pedretti, "Saggio di una cronologia dei fogli del "Codice atlantico"", en sus *Studi vinciani* (Ginebra, 1957), 268, 285, 286; L. Reti, "Leonardo da Vinci nella storia della macchina a vapore", *Rivista di ingegneria*, VII (1957), 778-79, figs. 10-12.

[81] *Di Lucio Vitruvio Pollione de architectura libri dece traducti de latino in vulgare* (Como, 1521), 23; Feldhaus, op. cit., 26, fig. 10.

[82] L. Ercker, Allefürnemsten mineralischen Erzt unnd Berckwerksorten (Praga, 1574), port. y fol. 98ᵛ; cf. *Treatise on Ores and Assaying*, tr. A. G. Sisco y C. S. Smith (Chicago, 1951), frontisp., 219, fig. 30; 326.

[83] *Supra*, p. 108, n. 74. Para otros *sufflatores* de este tipo, cf. H. Platte, *Jewell House of Art and Nature* (Londres, 1594), 25; J. Bate, *Mysteries of Art and Nature* (Londres, 1634), 23, 27-28, 158. D. Schwenter, *Deliciae Physicomathematicae* (Nuremberg, 1636), 1, 458, y J. French, *Art of Destillation* (Londres, 1653), 150, ilustran la dificultad de abstraer los "fuelles filosóficos" de la cabeza medieval de latón pintando *sufflatores* globulares con caras humanas.

latón siguió siendo la forma habitual de la caldera, y en ella se inspiraron directamente las primeras turbinas de vapor.

En una nota aparte de sus tres bocetos, Leonardo sugiere que se utilice esta clase de fuelles para hacer girar un asador en el hogar[84]. En 1629 Giovanni Branca[85] dibuja la próxima máquina de vapor destinada al trabajo. Su caldera es un *sufflator* en forma de cabeza humana, de cuya boca sale un chorro de vapor que hace girar una turbina, la que a su vez acciona un pistón. Por el texto que acompaña a la lámina, es evidente que en esa época hasta un ingeniero tan serio como Branca -tuvo a su cargo la fábrica del templo preferido en ese entonces, la Santa Casa de Loreto- consideraba natural que una caldera de vapor tuviese forma humana: la máquina "è fatta per pestare le materie per far la polvere; ma con un motore meraviglioso, che non è altro che una testa di metallo con il suo busto empito d'acqua, posto sopra carboni accesi, che non possa esalare in altro luoco che nella bocca". También en 1641 Atanasio Kircher[86] muestra un pequeño molino de viento accionado mediante chorros de vapor que salen de dos fuelles en forma de cabezas humanas, relacionadas evidentemente en la imaginación de aquél con las cabezas de Eolo[87]. Si bien Branca consideraba que ese "aire encerrado" era, al igual que el agua, el viento y los animales, una fuente de energía[88], la línea de esfuerzo que él desarrolló para dominar el vapor resultó de escasa utilidad hasta mucho más tarde, o sea hasta que se llegó a la turbina de vapor. No obstante, los dibujos de Branca y de Kircher dejan a la vista las raíces medievales de los experimentos del siglo XVII[89].

Como lo hemos comprobado en el *De meteoris* de San Alberto, en la Edad Media ya había sido observada la fuerza expansiva del vapor. Sin embargo, no hay indicio alguno de esfuerzos encaminados a aplicarla,

---

[84] *Codice Leicester*, fol. 28ᵛ; cf. Reti, op. cit., 778; cf. J. Wilkins, *Mathematicall Magick* (Londres, 1648), 149, donde se formula la misma sugerencia; también en 151-52 se habla de eolipilos para hacer sonar campanillas, mecer cunas, bobinar hilos, etc.

[85] *Le Machina* (Roma, 1629), fig. 25.

[86] *Magnes, sive de arte magnetica* (Roma, 1641), 616: "Ego plurimas quoque machinas bojos ope circumago".

[87] Ibid., 599, muestra una bomba accionada por una turbina eólica horizontal; el viento está simbolizado por una cabeza de Eolo que resopla.

[88] Op. cit., en la nota que precede a la fig. 41.

[89] Véase pág. 177.

hasta el boceto de Leonardo de un cañón a vapor[90], notable aunque infructuoso; en una tercera parte de su longitud, el caño se halla rodeado de carbones encendidos; cuando se calienta hasta ponerse blanco, se vierte agua proveniente de un depósito, y la conversión instantánea de ésta en vapor hace disparar una bala. En 1521 Cesariano dibuja granadas que aparentemente explotaban por acción del vapor[91].

Relacionados con la fuerza del vapor y la confusión entre vapor y aire, se realizaron experimentos con aire caliente[92] y aire sometido a presión. Luego de advertir el impulso con que el aire caliente es lanzado hacia arriba en las chimeneas, algunos técnicos de fines del siglo XV colocaron en los humeros pequeñas turbinas engranadas de suerte que hiciesen girar un asador[93]. Esta era forma singularmente ingeniosa de automatización, ya que cuanto más caliente estuviera el fuego, con mayor rapidez giraría lo que se asaba. En 1845 el padre Huc vio tibetanos nómadas que ponían en sus tiendas cilindros de rezos accionados a turbina en la corriente que se formaba sobre el fuego[94]. Si, como parece probable, este dispositivo es muy antiguo, tal vez hubo de difundirse por Europa, donde es dable descubrir algunos motivos de arte tibetano durante la Baja Edad Media[95]. Sea cual fuere su origen, el grado en que este aparato intrigó a los técnicos nos lo revela el diseño de Branca (1629) de un pequeño molino de rodillos accionado por el calor que emana de una fragua[96]. Estos experimentos no llegaron a desarrollar una fuente importante de energía, pero originaron un curioso subproducto: el propulsor de hélice de los barcos y, más tarde, la hélice del aeroplano parece haber sido inspirada por la forma de las turbinas metálicas de aire caliente de las chimeneas, más bien que por las

---

[90] MS. B, 33^{r}, ed. C. Ravaisson-Mollien (París, 1883); cf. Reti, op. cit., 779-83, fig. 14.

[91] *Supra*, pág. 108, nota 81.

[92] Véase pág. 177.

[93] Leonardo, *Codice atlantico*, fol. 51^{v} a, fechable en el 1485 (aprox.); cf. Pedretti, op. cit., 287; Uccelli, op. cit., 13, figs. 37, 38.

[94] E. R. Huc, *Travels in Tartary*, tr. W. Hazlitt (Nueva York, 1927), 195.

[95] Cf. J. Baltrušaitis, Le *Moyen âge fantastique: antiquités et exotismes dans l'art gothique* (Paris, 1955), 247.

[96] Op. cit., fig. 2. Branca trató de multiplicar la energía efectiva reduciendo la velocidad de rotación mediante una serie de seis engranajes.

turbinas hidráulicas de madera, a menudo con palas en forma de cuchara.

Más importante resultó ser el estudio de las presiones del aire en relación con la llamada escopeta de aire. Al parecer, en épocas antiguas se utilizaba la cerbatana en la India, con el nombre de nālīka (o sea "caña"), para lanzar flechas pequeñas o balines de hierro[97]. Es significativo que en la India moderna esa misma voz haya venido a significar "mosquete"[98]. Sin embargo, si la nālīka es indígena de la India, es curioso que las cerbatanas que todavía se usan en el Sur de ese país, ya sea con dardos o con bolitas de arcilla, tengan nombres en malayalam (*tūmbitān*) y en tamil (*sungutān*), que obviamente derivan del malayo *sumpitan* y que parecen haber sido introducidos desde Malasia por los musulmanes junto con la cerbatana[99]. El rompecabezas se complica a raíz de una referencia casual al uso de cañas huecas para cazar pájaros, que aparece en el libro de Apolodoro de Damasco sobre maquinarias para sitios, dedicado a Adriano a comienzos del siglo II[100]. Si bien los bizantinos empleaban tubos con los que lanzaban el fuego griego, se trataba de jeringas o protocañones, más que de cerbatanas[101]. A fines del siglo XII un tratado árabe describe una lanza que despide un pequeño proyectil y la llama *madfâ*[102], término que más tarde pasó a significar "arma de fuego". En época no posterior al año 1260 (aprox.) se encuentran en Persia con el nombre de *nãwak*, o sea "tubo", cerbatanas que lanzan flechas[103]. En el Egipto de los mamelucos

---

[97] B. P. Sinha, "Art of war in ancient India, 600 B. C. - 300 A. D.", *Journal of World History*, IV (1957), 155; cf. *Mahābhārata*, tr. P. C. Ray (Calcuta, 1887), III, 413.

[98] E. W. Hopkins, "The social and military position of the ruling caste in ancient India", *Journal of the American Oriental Society*, XIII (1888), 279.

[99] J. Hornell "South Indian blow-guns, boomerangs, and crossbows", *Journal of the Royal Anthropological Society of Great Britain and Ireland*, LIV (1924), 326, n. 1, 333. R. Heine-Geldern, del Instituto Antropológico de la Universidad de Viena, me informa por carta que, según su opinión, todos los tipos de cerbatanas fueron introducidos en la India desde Malasia, y que Hornell, 335, se equivoca al creer que las del tipo de Kādar son indígenas.

[100] Lib. VII, 7, tr. E. Lacoste, "La Poliorcétique de Appolodore de Damas", *Revote des études grecques*, III (1890), 268. Puesto que el pasaje en cuestión se refiere a tubos o caños para extinguir incendios, no puede tratarse simplemente de cañas recubiertas de liga para atrapar pájaros.

[101] M. Mercier, *Le Feu grégeois* (París, 1952), 27.

[102] C. Cahen, "Un traité d'armurerie composé pour Saladin", *Bulletin d'études orientales de l'Institut Française de Damas*, XII (1948), 136, 155, n. 3.

[103] Jalalu'd Din Rūmi, *Mathnawī*, Lib. VI, y. 4578, fr. R. A. Nicholson (Londres, 1934), 511; cf. A. K. Coomaraswamy, The blowpipe in Persia and India", *American Anthropologist*, XLV (1943), 311; K. A. Creswell, *Bibliography of Arms and Armour in Islam* (Bristol, 1956), 51-52.

la cerbatana disparaba pequeños balines (*bunḍuq*) para la caza de pájaros; su nombre árabe *zabaṭãna* o *zabaṭãnīya* llegó con el tiempo a significar "arcabuz"[104].

A pesar de ciertos objetos enigmáticos -tal vez lanzadores de guisantes o tirabalas- que se observan en ilustraciones del siglo XIII del *Mocking of Christ*[105], carecemos de pruebas sobre la existencia de la cerbatana en Europa (después de Apolodoro) hasta llegar a un manuscrito francés del 1320 (aprox.), en el que aparece una figura grotesca que apunta a un conejo con lo que parecería ser una cerbatana[106]. En dos manuscritos que datan más o menos del año 1475, uno francés y otro flamenco, no hay ambigüedad alguna: se utiliza una cerbatana para disparar contra un pájaro[107]. Sin embargo, en 1425 se registra en Italia su nombre cerbottana[108], y hacia el 1440 se lo aplica en Cataluña a un cañón largo de calibre pequeño[109]. El nombre es importante porque señala la trayectoria de difusión del objeto: proviene del árabe *zabatãna*, que a su vez deriva del malayo *sumpitan*[110].

A inventores europeos del siglo XVI se atribuyen diversos tipos de escopeta de aire, pero las pruebas aducidas son dudosas[111]. No obstante, en 1607 Bartolomeo Crescentio describía una de estas escopetas provista de un fuerte resorte en espiral[112], dispositivo tan complicado que

---

[104] D. Ayalon, *Gunpowder and Firearms in the Mamluk* Kingdom (Londres, 1956), 24, 59, 61, 118, n. 75. Ibid., 61, Ayalon cree que *bunḍuqīya*, otra palabra que designa el arcabuz o un arma manual de fuego en general, deriva de *bunḍuq*, "bala", y no de al- *bunḍuqīya*, "Venecia".

[105] H. T. Horwitz, "Feuerlanze oder Spritze?". *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, VII (1915-17), 344-45.

[106] B. A. L. Cranstone, "The blowgun in Europe", *Man*, XLIX (1949), 119, que remite al Museo Británico, Add. MS. 36684, fol. 44.

[107] Ibid., fig. 1, de *Bibliothèque de l'Arsenal*, MS. 5064 (cf. también *Le Livre des saisons* -Ginebra, 1942-, lámina sin número), y *Life*, XXII, III (26 de mayo, 1947), 77, de la Biblioteca Morgan. Los dos manuscritos son de Petrus de Crescentiis, *Liber ruraliurn commodorum* (1306, aprox.); un examen de la tradición de las iluminaciones de los 132 manuscritos que se conservan de esta obra (enumerados por L. Frati en el simposio *Pier de' Crescenzi: studi e documenti*. ed. T. Alfonsi, etc. -Bologna, 1933- 265-306) podría arrojar luz sobre la historia de la cerbatana en Europa.

[108] C. Battiste y G. Alessio, *Dizionario etimologico italiano* (Florencia, 1951), II, 883.

[109] *Enciclopedia universal ilustrada*, XII, 1192, s. y. "cerbatana".

[110] Hornell, op. cit., 334; K. Kokotsch, *Etymologisches Wörterbuch der europdischen Warter orientalischen Ursprungs* (Heidelberg, 1927), Nº 2201.

[111] F. M. Feldhaus, "Zur Geschichte der Windbüchse", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, III (1902-05), 271-72. Para, la historia posterior de la escopeta de aire, véase Feldhaus, "Das Luftgewehr als Kriegswaffe", ibid., III (1902-05), 368, y cf. 334; IV (1908-08), 153.

[112] *Nautica mediterranea* (Roma, 1607), 521.

sin duda alguna debió de tener predecesores. En 1644 Mersenne hablaba detalladamente de la "sclopeti pneumatici constructio"[113], y cuatro años después Wilkins escribía entusiasmado acerca de este último e ingenioso invento de la cerbatana", que era "casi igual a nuestros fusiles de pólvora"[114]. En la década de 1650 Otto von Guericke, famoso por sus experimentos con vacíos y presiones, construyó el *Madeburger Windbüchse*, una de las maravillas técnicas de su época[115]. En 1686 Dionisio Papin, cuya obra sobre la máquina de vapor adquirió capital importancia, describe en sus *Philosophical Transactions* una escopeta de aire comprimido[116]. Así, pues, es posible recorrer hacia atrás una cadena de estímulos tecnológicos a partir de algunas grandes figuras del periodo inicial de nuestra ciencia y tecnología modernas, pasando por la Baja Edad Medía, hasta llegar a las selvas de Malasia[117]. La invención de los cohetes[118] es otro aspecto más del interés que la fuerza expansiva de los vapores y gases despertó a fines de la época medieval. En la guerra se habían empleado desde mucho tiempo atrás sustancias en combustión y humos nocivos, y se los siguió utilizando en toda la Edad Media[119]. Cuando, poco antes del año 673, el arquitecto

---

[113] M. Mersenne, *Cogitata physico-mathematica* (Paris, 1644), 149-53.

[114] J. Wilkins, *Mathematicall Magick* (Londres, 1848), 153.

[115] O. von Guericke, Nene "Magdeburgische" *Versuche über den leeren Raum* (1672), tr. F. Dannemann (Leipzig, 1894), 82-84, con fig.

[116] D. Papin, "An account of an experiment, shown before the Royal Society, of shooting, by the rarefication of air", *Philosophical Transactions*, XVI (1888), Nº 179, pp. 21-22, cuadro 1, fig. 5.

[117] Un segundo invento malayo de índole similar, o sea el "pistón de fuego", ejerció tal vez significativa influencia sobre el conocimiento de la presión del aire y de sus aplicaciones por parte de los europeos. II. Balfour, "The fire piston", en *Anthropological Essays presented to E. B. Tylor* (Oxford, 1907), 17-49 -reproducido en el *Annual Report of the Smithsonian Institution* (1907), 565-93-, incluye un mapa de la distribución del "pistón de fuego" en el Sudeste asiático, que prueba que no puede haber sido introducido desde Europa. Por el contrario, fueron tantos los europeos que durante largo tiempo comerciaron, combatieron y desempeñaron cargos de gobierno en las Indias que, aun cuando no se mencione ningún caso, seguramente observaron el "pistón de fuego' en esa zona antes de que apareciese en Europa a fines del siglo XVIII. La aplicación tecnológica más notable del calor adiabático ha sido el motor Diesel.

[118] No parecen haber influido en modo alguno en el desarrollo posterior de la cohetería los conocimientos clásicos acerca del principio de reacción, aplicados por ejemplo, en el pájaro volador mecánico de Arquitas o el eolipilo de Herón; cf. P. Tasch, "Conservation of momentum in antiquity: a note on the prehistory of the principie of jet-propulsion" *Isis*, XLIII (1952), 251-52; E. C. Watson, "Heron's 'ball on a jet' experiment", *American Journal of Physics*, XXII (1954), 175-76; *supra*, pág. 97, nota 8.

[119] Cf. G. Guy, "Le Pape Alexandre VI a-t-il employé les armes chimiques?", *Mémoires et documents publiés par la Société de l'Ecole des Chartes* XII, 11(1955), 231-34 donde se menciona una carta, probablemente de 1495 6 1496, escrita por el comandante de las fuerzas francesas apostadas en el castillo de Ostia, acusando a Alejandro VI de utilizar "feu ardant et fumee empoisonnant, qui son

sirio refugiado Calínico inventó el fuego griego[120], abrió el camino a los técnicos militares no sólo de Bizancio sino también del Islam, de China y de Occidente, para la experimentación de cada vez más mezclas combustibles. Algunas consistían en líquidos sumamente inflamables; otras eran polvos, Entre estas últimas llegó a ser la preferida una combinación de carbón, azufre y salitre, o sea la pólvora. Sin embargo, adolecía de dos defectos: en primer lugar, los métodos de purificación del salitre[121] eran deficientes; segundo, la pólvora no contenía espacios de aire que permitiesen una combustión tan rápida como para originar la explosión. No obstante, los experimentos con esas mezclas y el perfeccionamiento de los métodos de producción del salitre alcanzaron en toda Eurasia durante el siglo XIII un punto en el cual la conversión de la pólvora en gas se producía con tal velocidad que resulté inevitable la invención de los fuegos artificiales. Las "lanzas de fuego volador" utilizadas en 1232 en el sitio de Loyang y K'ai-feng-fu seguramente no fueron otra cosa que candelas romanas, puesto que las llamas lanzadas no iban más allá de unos diez pasos.[122] En 1258 se menciona en Colonia algo que probablemente eran verdaderos cohetes[123]; Roger Bacon[124] los conocía hacia el año 1260. Sin embargo, en materia de cohetes el Islam parece haber dependido del Lejano Oriente más que de

---

chouses donnans mors plus honteusez et abhominablez que glaive".

[120] C. Zenghelis, "Le Feu grégeois et les armes á feu des Byzantins" *Byzantion*, VII (1932), 265-86; M. Mercier, *Le Feu grégeois: les feux de guerre depuis l'antiquité; la poudre à canon* (Pasís, 1952), 14. En el año 399 d. C. Claudiano, *De Flavii Malii Theodori consolatu* vs. 325-30, ed. M. Platnauer (Londres, 1922), I, 362, menciona fuegos de artificio teatrales en forma de llamaradas; una pirotecnia similar se registra en poemas chinos del 605-618 d.C.; cf. Wang Ling, "On the invention and use of gunpowder and firearms in China", *Isis*, XXXVII (1947), 164. En el año 919 d. C. los ejércitos chinos empleaban nafta arábiga, probablemente mezclada con cal viva para aumentar su combustión (ibid., 167); en el 1004 se la arrojaba mediante una jeringa o tubo de metal muy semejante al que habían usado anteriormente los bizantinos; ibid., fig. 2; infra, pág. 116, nota 135.

[121] E. Rust, "Aus der Geschichte des Saltpeters", *Technik für Alle*, VII (1916-17), 151-54; en cuanto a los adelantos registrados en el período posterior, cf. F. Baillot, "Pyrotechnie militaire au 16ᵉ siècle", *Science et la vie*, XI (1916-17), 349-58.

[122] Véase pág. 178.

[123] A. Hausenstein, "Zur Entwicklungsgeschichte der Rakete", *Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen*, XXXIV (1939), 172; W. Ley, "Rockets in battle", *Technology Review*, XLIX (1946), 96. Mercier, op. cit., 26-27 sostiene que hacia fines del siglo IX los bizantinos utilizaban cohetes que contenían fuego griego y que eran impulsados por éste.

[124] La más antigua referencia europea a pólvora explosiva con una mezcla de salitre es la de Roger Bacon, *De secretis operibus*, cap. 6, en *Opera inedita*, ed. J. 5. Brewer (Londres, 1859), 536, donde se habla de petardos, que aparentemente serían cohetes; acerca de la fecha, cf. *infra*, pág. 151, n. 357; cf. también S.J. von Romocki, *Geschichte der Explosivstoffe* (Berlin, 1895), I, 103; Hausenstein, op. cit., 139; R. Sterzel, "Die Vorläufer des Schiesspulvers", en *Beitrage zur Geschichte der Handfeuerwaffen: Festschrift Moritz Thierbach* (Dresde, 1905), 20.

Occidente: por el año 1248 el salitre era conocido en Egipto con el nombre de "nieve china"[125], y alrededor de 1280-95 el sirio al-Hassan al-Rammāh, que llegó inclusive a proponer un torpedo propulsado por cohetes, llama a los cohetes "flechas chinas"[126]. Con todo, no hay ninguna prueba de que los chinos hayan estimulado los experimentos europeos de cohetes, ni tampoco de que los hayan precedido. En realidad, una de las primitivas fórmulas musulmanas para la fabricación de pólvora denota origen franco[127]. Aunque los chinos tienen fama de haber perfeccionado fuegos festivos de artificios de extraordinaria calidad, la complicada pirotecnia que describe Vannoccio Biringuccio[128] en 1540 no revela indicio alguno de inspiración china[129]. La confusa historia de la aparición de los explosivos y las armas de fuego ha de entenderse como un conjunto de experimentos regionales paralelos, basados fundamentalmente en las diversas formas del fuego griego, y con un intercambio ocasional de técnicas más perfectas a medida que fueron evolucionando los métodos químicos[130].

A pesar de la sugerencia de al-Ḥasan al-Ramṃāh, la propulsión a chorro para todo lo que no fuesen flechas de fuego no se desarrollé

---

[125] G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, II (Baltimore, 1931), 1036, niega que bārūd fuese necesariamente salitre, pero pasa por alto el testimonio de al-Ḥasan al-Ramṃāh.

[126] Romocki, op. cit., I, 70-71, fig. 14.

[127] M. Berthelot, *La Chimie au mayen âge* (París, 1893), II, 198.

[128] *La Pirotechnia* (Venecia, 1540), 166; tr. C. S. Smith y M. T. Gnudi (Nueva York, 1942), 442-43. Acerca de los progresos posteriores en Occidente, cf. Hanzelet Lorrain (Jean Appier), *La Pirotechnie* (Pont à Mousson, 1630), 224-25, 234-39; F. Malthus, *Traité des feux artificiels pour la guerre et pour la récréation* (París, 1629), 57-125. Del gran refinamiento de los fuegos artificiales en la época barroca hay constancias en un folleto de cuatro páginas, encuadernado, que se encuentra en la Biblioteca Vaticana, Vat. lat. 7495, *Explication du feu d'artifice dressé devant l'Hostei de Ville par les ordres de Messieurs les Prevost des Marchands et Echevins de la Ville de Paris au su jet de la paix conclue entre la France et la Savoye* (París, 1696), en el que se explican las inscripciones latinas y griegas armadas sobre las figuras pirotécnicas.

[129] No encuentro ninguna prueba de influencia china sobre los fuegos artificiales de Occidente, anterior a G. B. della Porta, *Magia Naturalis* (Nápoles, 1589), Lib. 20, cap. X, facsímil de la trad. ingl. (Londres, 1658), ed. D. J. Price (Nueva York, 1957), 409, que describe una cometa con petardos en la cola; cf. también J. Bate, *Mysteries of Art and Natura* (Londres, 1634), 80-82. En China se conocían cometas por lo menos desde la época Han; cf. Wang Ch'ung, Lun-hêng, tr. A. Forke (Berlín, 1907), 1, 499. Según A. S. Brock, *History of Fireworks* (Londres, 1949), 25, los fuegos festivos de artificio fueron introducidos en Japón no por los chinos sino por los holandeses hacia el año 1600 (aprox.).

[130] Cf. espec. O. Guttmann, *The Manufacture of Explosives* (Londres, 1895), I, 2-11. Intentos como el de H. J. Rieckenberg, "Bertold, dar Erfinder des Schiesspulvers: eine Studie zu seiner Lebensgeschichte", *Archiv für Kulturgeschichte*, XXXVI (1954), 316-32, representan una interpretación enteramente equivocada del problema. Por otra parte, la leyenda de Berthold Schwarz fue destruida por F. M. Feldhaus, "Berthold der Schwarze, anno 1380", *Zeitschrift für das gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen*, I (1906), 413-15; III (1908), 118; y "Was wissen wir von Berthold Schwarz?", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, IV (1906-08), 65-69, 113-18, 286.

hasta el siglo XV, época en que técnicos italianos empezaron a considerar las posibilidades de aquélla. Alrededor del año 1420, o poco después, Giovanni da Fontana bosquejé un ariete naval y un tanque militar, impulsados por dos y tres cohetes respectivamente. Diseñé igualmente un pez nadador, un ave voladora y un conejo corredor, todos ellos impelidos mediante propulsión a chorro[131]. Los utilizó como modelos en su *Tractatus de pisce, ave et lepore*, en el que propone un plan para medir superficies, profundidades en el agua y alturas en el aire valiéndose de conejos, pescados y aves impulsados a chorro[132]. Que Fontana ponderase seriamente los problemas implícitos en estos dispositivos lo revela el hecho de que a su tanque no le puso ruedas sino rodillos, y de que agregó a su ariete una cola estabilizadora. Además, mediante una serie de experimentos midió la cantidad de material explosivo que hacía falta para lanzar cohetes a diferentes alturas[133]. A fines del mismo siglo (1495-1501) Francesco di Giorgio diseñó petardos accionados a chorro y montados sobre ruedas, para atacar fortificaciones, y sobre flotadores, para hundir barcos[134]. La practicabilidad de estos artefactos no interesa tanto como la actitud mental que ponen de manifiesto: la determinación de explotar una nueva fuente de energía.

Por cierto, una cultura tan consciente de la importancia de la energía como llegó a serlo la de la Baja Edad Media, no podía dejar de explorar al máximo la fuerza de los ígneos dragones que habían hecho posible el cohete. Si bien la pólvora y los cohetes fueron, al parecer, objeto de experimentación internacional, las armas de fuego son de origen occidental, derivadas de la técnica bizantina de lanzamiento del fuego griego desde tubos de cobre[135]. Que estos tubos fueron utilizados en

---

[131] Biblioteca Estatal de Munich, Códice icon. 242, fols. 16^{v}, 37^{r}, 40^{r}; Romocki, op. cit., 1, 231-40, figs. 47-49, lo fecha en el 1420 (aprox.); A. Birkenmajer, "Zur Lebensgeschichte und wissenschaftlichen Tätigkeit von Giovanni Fontana (1395?-1455?) ", *Isis*, XVII (1932), 34-53, intenta fecharlo un poco más tarde. Cf. también M. Jähns, *Geschichte der Kriegswissenschaften* (Munich, 1889), I, 276, y, sobre los cohetes de Fontana, F. M. Feldhaus, *Madernste Kriegswaffen, alters Erfind ungen* (Leipzig, 1915), 81-82; L. Thorndike, *History of Magia and Experimental Science*, IV (Nueva York, 1934), 156, lo fecha en 1410-49.

[132] L. Thorndike, op. cit., IV (1934), 156, 172-73, 665-68.

[133] Ibid., 174

[134] M. Salmi, *Disegni di Francesco di Giorgio nella Collezione Chigl Saracini* (Siena, 1947), figs. 13, 14, y p. 43 para las fechas.

[135] A fines del siglo IX, *Leonis imperatoris Tactica*, y. 3, ed. E. Vári (Budapest, 1917), I, 92, menciona tubos lanzallamas inclusive como parte del equipo de los jinetes. Para una extraordinaria representación del siglo XI de un "arma de mano" para disparar fuego griego, cf. Diels, *Antike Technik*, lám. VIII. Wang Ling, op. cit., 172, cita dos pasajes de los años 1274 y 1281 para demostrar

Occidente aun después de la invención de la pólvora lo denota la distinción entre *bastons à feu* y *bastons a pouldre*; en estos últimos se usaba el *fewe volant*, más explosivo, en lugar del *fewe gregois*[136]. Fueron los occidentales quienes empezaron a lanzar bolas de piedra y de hierro desde esos tubos, en vez de fuego[137], si bien las primeras ilustraciones de un cañón (1327) lo muestran disparando una enorme flecha y no una bola[138].

Esta innovación de las bolas para cañones provocó dificultades técnicas: la metalurgia de la época no marchaba a la par de la química. Una de las primeras recetas exactas para la fabricación de la pólvora que se conservan, la indicada a fines del siglo XIII por Marcus Graecus[139], describe una mezcla de gran poder balístico. Más tarde se redujo la proporción de salitre, presumiblemente para impedir que los tubos de lanzamiento reventasen con tanta frecuencia[140]. No sólo la miniatura de 1327, sino también nuestra próxima referencia segura a un cañón, un "pot de fer à traire garros de feu", en Ruán, en el año 1338[141], hace ver cuánto tiempo requirió el perfeccionamiento de la bola de cañón. Sin embargo, los proyectiles de hierro aparecen en Lucca en 1341; en 1346 había en Inglaterra dos calibres de cañones que disparaban granalla de plomo; y en Tolosa aparecen balas en 1347[142]. A partir de esta fecha los testimonios de la existencia de cañones de calibre muy grande, así como de rudimentarias armas de fuego manuales, se vuelven comunes.

---

el uso de cañones con tubos de metal por los chinos. Sin embargo, el primero puede interpretarse como un trabuco que disparaba granadas con pólvora de cañón; el segundo, como un tubo metálico para lanzar fuego griego.

136 E. C. Clephan, "A sketch of the history and evolution of the hand gun up to the close of fifteenth century", *Beiträge zur Geschichte der Handfeuerwaffen: Festschrift M. Thierbach* (Dresde, 1905), 34. En 1380 en la ciudad de Saint-Flour se fabricaron bombas de fuego griego para ser disparadas con trabucas contra los ingleses, y a esas bombas se les agregaron recipientes de pólvora de cañón para hacerlas estallar y para desparramar las llamas; cf. M. Boudet, "Note sur la fabrication du feu grégois en Auvergne au XIV^e^ siècle", *Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne* (1906), 288

137 Zenghelis, op. cit., 285. Esto puede haber sido sugerido por la cerbatana, si es que las primeras "sarbacandas" medievales disparaban perdigones en vez de dardos; cf. *supra*, pág. 111. Otro progreso que abrió el camino a la bala de cañón fue la exacta calibración, conforme a las especificaciones de un técnico, de las piedras para trabucos, documentada en Inglaterra ya desde el año 1244; cf. J. Harvey, *English Mediaeval Architects* (Londres, 1954), 111.

138 Véase pág. 178.

139 Ed. y tr. Berthelot, op. cit., 119, párrs. 32-33, que también habla de cohetes y petardos

140 R. C. Clephan, op. cit., 35.

141 Véase pág. 178.

142 Rathgen, op. cit., 42, 30.

El testimonio más antiguo de la existencia de un cañón en China ha llegado hasta nosotros bajo la forma de ejemplos claramente fechados en 1356, 1357 y 1377[143]. No es necesario suponer el milagro de un desarrollo asiático casi contemporáneo. Bastantes europeos anduvieron dando vueltas por el reino de Yüan[144], de modo que pudieron haber llevado a Oriente la nueva tecnología. Lo extraño del caso es que no hay pruebas de la existencia de cañones en la India hasta el siglo XVI, época en que fueron introducidos por los portugueses y, en la región noroeste, por los musulmanes[145].

El problema de la difusión de las armas de fuego en el Islam se complica a raíz de que en árabe *naft* significa ya sea "fuego griego" o bien "pólvora"[146]. El más antiguo testimonio cierto del uso de artillería basada en la pólvora por los sarracenos procede de El Cairo en 1366 y de Alejandría en 1376; hacia el 1389 es común tanto en Egipto como en Siria[147]. Así, pues, el atraso del Islam con respecto a Europa fue aproximadamente de cuarenta años.

El cañón no sólo es importante en sí mismo como artefacto mecánico aplicado a la guerra: es una máquina de combustión interna de un cilindro, y todos nuestros más modernos motores de ese tipo descienden de aquélla. En el primer intento de sustituir la bala de cañón por un pistón, o sea el de Leonardo da Vinci[148], se utilizó pólvora como combustible, al igual que en el invento patentado por Samuel Moreland en 1661[149], en la máquina experimental de pistón diseñada por Huygens

---

143 L. C. Goodrich, "Note on a few early Chinese bombards", *Isis*, XXXV (1944), 211, figs. 1 y 2; ibid., XXXVI (1946), 122, n. 27; 120, 251; Wang Ling, op. cit., 175; *supra*, pág. 116, nota 135.

144 Para una lista de occidentales que se sabe que estuvieron en China e India entre 1261 y 1349, cf. E. Gallo, "Marco Polo, la sua famiglia e il suo libro", en *Nel VII centenario della nascita di Marco Polo* (Venecia, 1955), 147-49; cf. también E. S. López, "Nuove luci sugli italiani in Estremo Oriente prima di Colombo", Studi Colombiani: pubblicazioni del Civico istituto Colombiano, Genove, III (1952), 337-98.

145 B. Rathgen, "Die Pulverwaffe in Indien: die europaische Herkunft derselben", *Ostasiatische Zeitschrift*, XII (1925), 11-30; II. Goetz, "Das Aufkommen der Feuerwaff en in Indien", ibid., 226-29; *infra*, pág. 178.

146 Ayalon, op. cit., p. XV; cf. 10-24.

147 Véase pág. 178.

148 L. Reti, "Leonardo da Vinci nella storia della macchina a vapore", *Rivista di ingegneria*, VII (1957), 778, fig. 20.

149 R. Jenkins, *Collected Papers* (Cambridge, 1936), 44.

en 1673[150] y en una bomba parisiense de aire de 1674[151]. En realidad, el hecho de que estos dispositivos derivasen conscientemente del cañón continué perjudicando su desarrollo hasta el siglo XIX, cuando los combustibles pulverizados fueron sustituidos por combustibles líquidos.

La principal dificultad con que tropezaban los expertos en cañones en la Baja Edad Media radicaba en que su pólvora era una mezcla mal consolidada de carbón, azufre y salitre; cualquier sacudón durante el transporte desplazaba el salitre más pesado hacia el fondo y el carbón liviano hacia la parte superior. Asimismo, la falta de espacios de aire en cantidad suficiente entre las partículas retardaba la explosión. La combustión lenta y relativamente deficiente obligaba a los artilleros a comprimir la pólvora dentro del cañón con un taco de madera, y luego a envolver la bala con trapos o arcilla a fin de contener el gas hasta que se hubiera generado la cantidad necesaria para alcanzar la presión de lanzamiento[152]. Este problema exasperante quedó resuelto en gran parte en la década de 1420 con la invención de la pólvora granular[153]. Al mantener los tres componentes una relación uniforme en toda la masa, y al conseguirse una distribución pareja de espacios de aire más grandes, con la pólvora granular se logró que la explosión fuese uniforme y prácticamente instantánea. El cañón se convirtió así en una eficaz máquina de guerra, y el hecho de que la carga fuese menos complicada elevó la categoría del cañón de mano, que de arma psicológica pasó a ser un instrumento de matanza[154].

La fuerza del agua y del viento en circulación, y la energía de los gases y vapores en expansión cautivaron la imaginación de los técnicos en la Baja Edad Media y, a su vez, fueron en parte apresadas por la pericia de éstos. Pero, como bien lo sabía cualquier aristotélico, todo objeto tangible tiende por naturaleza hacia el centro de nuestro globo con el

---

[150] A. K. Bruce, "On the origin of the internal combustion engine", *Engineer*, CLXXIV (1942), 383, lo fecha equivocadamente en 1680; cf. C. Huygens, *Oeuvres complètes*, VII (La Haya, 1897), 356-58; XXII (1950), 241.

[151] Jenkins, loc. cit. En cuanto a los experimentos desde 1678 en adelante, cf. Y. Le Gallee, "Les Origines du moteur à combustion interne", *Techniques et civilisations*, II (1951), 28-33.

[152] P. Reimer, "Das Pulver und die ballistischen Anschauungen im 14. und 15. Jahrhundert", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, I (1897-99), 164-66.

[153] A. von Essenwein, *Quellen zur Geschichte der Feuerwaffen* (Leipzig, 1872), 25, afirma que el *Feuerwerkbach de Konrad Kauder* (Biblioteca Estatal de Munich, Cod. alem. 4902), escrito en 1429, menciona la pólvora granular.

[154] Véase pág. 179

mismo instinto de retorno que hace que el agua corra montaña abajo. ¿Cabía también imaginar que esa fuerza pudiera utilizarse para hacer funcionar máquinas?

La violencia misma de la gravedad era el principal obstáculo que impedía emplear aquella fuerza. Sin duda alguna, los autómatas que engalanaron los santuarios y palacios de la era helenística, el Irán antiguo, Bizancio y el Islam[155], eran accionados normalmente por el peso del agua que iba entrando en una vasija hasta un punto tal que hacía bajar una palanca y luego la soltaba; y en combinación con este tipo de dispositivos se usaban pesas metálicas a modo de contrapesos, con el objeto de mantener la tensión sobre las cuerdas enrolladas alrededor de los ejes. Pero la falta de un mecanismo de escape que no fuera agua o mercurio y que regulara la circulación de la energía a través de la máquina desalentó los intentos de usar más intensivamente la fuerza de la atracción gravitacional.

La antigüedad grecorromana había creado una artillería basada en la torsión, es decir, en la retorcedura de fibras, generalmente de pelo[156]. Si bien esto resultaba más o menos satisfactorio en las campañas de verano en medio del clima seco del Mediterráneo, era de escasa aplicación bajo las lluvias de Europa septentrional, donde las fibras húmedas perdían muy fácilmente su elasticidad.

Europa debe a China la inspiración inicial de una nueva clase de artillería. Bajo el nombre de *huo-p'ao*, aparece por vez primera en el año 1004[157]. Consistía en una especie de catapulta que giraba sobre un marco y era manejada por hombres que tiraban al unísono de cuerdas sujetas al extremo exterior de la viga. Se la encuentra por primera vez en Europa en un manuscrito mozárabe de principios del siglo XII[158] y

---

[155] A. Chapuis y E. Gélis, *Le Monde des automates: étude historique et technique* (París, 1928), 31-47; A. Chapuis, *Les Atttomates* (Neuchátel, 1949), 35-45; E. Herzfeld, "Des Thron des Khosrô", *Jahrbuch der preursische Kunstsammlungen*, XLI (1920), 1, 24, 103-47; G. von Grunebaum, *Medieval Islam*, 2ª ed. (Chicago, 1954), 29, n. 68; 30, n. 69; V. Raghavan, *Yantras or Mechenical Contrivances in Ancient India* (Bangalore, 1952), 12-30; G. Brett, "The automata in the Byzantine 'Throne of Solomon' ", *Speculum*, XXIX (1954), 477-87; J. W. Perkins, "Nero's Golden House", *Antiquity*, XXX (1956), 209-19.

[156] El intento de E. Sander, "Der Verfall der römischen Belagerungskunst", *Historische Zeitschrift*, CXLIX (1934), 457-76, de demostrar que el arte del asedio había caído en decadencia desde el siglo IV es refutado tanto para Bizancio como para Occidente por F. Lammert, "Die antike Poliorketik und ihr Weiterwirken", *Klio*, XXXI (1938), 389-411.

[157] Véase pág. 179.

[158] Biblioteca Nacional de Turín, MS. lat. 93, fol. 181r; G. G. King, "Divagations on the Beatus", *Art Bulletin*, VIII (1930), 57, fig. 3.

reaparece en 1147 durante el ataque de los cruzados del Norte contra Lisboa[159].

La evolución de esta máquina fue rápida e internacional. Un tratado árabe escrito en Siria entre 1187 y 1192 no sólo habla de variedades árabes, turcas y francas, sino que además describe e ilustra una versión mucho más compleja, accionada por un contrapeso oscilante cuya invención se atribuye a Persia[160]. En Europa era conocida en 1199[161] con el nombre de *trebuchet* (trabuco)[162]. Es curioso que esta notable sustitución de la fuerza humana por la gravedad sea adjudicada por un sirio a Irán, puesto que desde el año 1220 (aprox.) en adelante las fuentes orientales denominan con frecuencia a estas máquinas magribī, es decir, "occidentales" y probablemente "francas"[163]. Por otra parte, si bien estos trabucos se difundieron con gran rapidez por Europa y pronto desplazaron a las antiguas máquinas de torsión[164], la nueva y más poderosa artillería no parece haber llegado a predominar en el ejército de los mamelucos hasta la segunda mitad del siglo XIII[165]. A pedido de Marco Polo y de los parientes de éste, en 1276 un artesano alemán y un cristiano nestoriano introdujeron en China la artillería de contrapeso y provocaron el regocijo del Gran Kan al forzar el rendimiento de una ciudad gracias a ese medio[166].

Ya deba situarse su origen en el Cercano Oriente o bien en Europa, el trabuco reviste especial interés por ser la primera utilización mecánica importante de la fuerza de las pesas. La falta de un escape no

---

[159] Véase pág. 180.

[160] C. Caben, op. cit., 141-42, fig. 14.

[161] Johannes Codâgnellus, *Annales placentini*, ed. A. Holder-Egger (Hannover, 1901), 25, que escribe antes de 1235, menciona un trabuco en Cremona en 1199.

[162] Si bien el término aparentemente deriva de la expresión *ducking-stool* ("silla de chapuzar") no he encontrado esta última antes de 1205-06, fecha en que aparece en un convenio "de libertatibus francorum plegiorum et furcarum et Trebucheti", concertado en Warlington, Suffolk; cf. *The Kalendar of Abbot Samson of Bury St. Edmunds*, ed. E. H. C. Davis (Londres, 1954), 135-36. P. Bonenfant, "Le 'Marais' Saint Jean où l' 'on noyait les adultères' ", *Société Royale d'Archéologie de Bruxelles, Annales*, XLVI (1942-43), 247, proporciona material sobre la "silla de chapuzar" en el continente europeo, que complementa a J. W. Spargo, *Judicial Folklore in England Illustrated by tite Ducking Stool* (Durham, N.C., 1944), 87.

[163] *Infra*, pág. 179

[164] Huuri, op. cit., 64, n. 1; sin embargo la artillería de torsión aparece todavía ilustrada en 1327 en Walter de Milimete, op. cit., Mm. 156.

[165] Ayalon, op. cit., 33, n. 29.

[166] Véase pág. 180.

representaba un obstáculo en este caso: la violencia condice con la guerra. Experimentos modernos han demostrado que mientras un trabuco con un brazo de 15 metros y un contrapeso de 10 toneladas puede arrojar una piedra de 90 a 150 kilogramos a una distancia de 270 metros, lo mas que puede hacer una catapulta del tipo romano es lanzar una piedra de 18 a 27 kilogramos a una distancia de 400 metros en una trayectoria más rasante[167]. Como a los fines de un asedio la distancia importaba menos que el peso del proyectil, el trabuco significó un notable perfeccionamiento en materia de artillería[168].

Frente a un uso tan espectacular de la fuerza de gravedad, los técnicos del siglo XIII se empeñaron luego en tratar de dominar esa fuerza para resolver uno de sus más apremiantes problemas: la invención de un reloj adecuado. Los relojes de agua inventados en la Antigüedad eran difíciles de manejar en el Norte, donde el agua se congela en invierno. Los relojes de arena[169], diseñados con miras a salvar ese defecto, resultaban muy incómodos, salvo para medir cortos períodos, puesto que la arena agrandaba poco a poco la abertura por donde se deslizaba y no se mantenía nivelada en el recipiente inferior. Un mecanismo de medición del tiempo accionado por medio de pesas pareció ser la mejor solución; por eso algunos contemporáneos de Santo Tomás de Aquino decidieron expresamente fabricar uno.

La tarea no era fácil. Cuando observamos los estupendos resultados, se comprende que la Edad Media haya marcado una época no sólo en la exploración de las fuentes de energía, sino también en la invención de medios para poder encauzar y controlar la energía. Antes de abordar la historia del reloj mecánico, debemos examinar algunos de aquellos medios, ya que ello nos ayudará a explicar la nueva atmósfera tecnológica de fines del siglo XIII, que posibilitó la invención del reloj.

2
evolución del diseño de maquinas

---

[167] R. *Payne-Gallwey Projectile-throwing Engines of the Ancients* (Londres, 1907), 27.

[168] En el segundo cuarto del siglo XIV, Jean Buridan nos informa que una máquina de este tipo puede arrojar un proyectil de 1.000 libras; cf. A. Maier, *Zwei Grundprobleme der soholastischen Naturphilosophie*, 29 ed. (Roma, 1951), 209, y. 85.

[169] Véase pág. 180.

Inmediatamente después de la rueda, la manivela[170] es el dispositivo mecánico individual de mayor importancia, porque constituye el medio principal para la transformación del movimiento rotativo continuo en movimiento de vaivén, y viceversa. El caso de la manivela es profundamente desconcertante, no sólo desde el punto de vista histórico, sino también psicológico: parecería que la mente humana retrocediera temerosamente ante ella. La más antigua muestra indudable de movimiento de manivela son los ya citados fuelles accionados hidráulicamente, que se conocieron en China en el año 31 d.C.[171]; y la primera manivela aparece en una maqueta de los tiempos de la dinastía Han (Fig. 4): procede del Noroeste de Honan, se conserva actualmente en la Galería William Rockhill Nelson, de Kansas City, y data por lo menos de fines del siglo u de la era cristiana[172]. Se observa allí una máquina rural aventadora de arroz descascarado, con un abanico rotativo de manivela. Este dispositivo se usa todavía en China[173], y es muy curioso que en 1768 haya aparecido entre los campesinos de la Alta Austria y del Siebenbürgen[174]. Sin embargo, un estudioso de la tecnología china de comienzos del siglo XX destaca que no hace siquiera una generación los chinos no habían "llegado a la etapa en que el movimiento de vaivén es sustituido por el movimiento rotativo continuo en artefactos técnicos del tipo del taladro, torno, sierra, etcétera. Dar este paso presupone necesariamente estar familiarizado con la manivela. En su forma simple y rudimentaria encontramos la manivela en el cabrestante chino [moderno], en el que el empleo de este recurso, sin embargo, no parece haber dado el impulso indispensable para transformar el movimiento de vaivén en movimiento circular en otros artefactos.[175]" En China era conocida la manivela, pero permaneció

---

[170] Véase pág. 180.

[171] *Supra*, pág. 98, nota 14.

[172] Agradezco a la Dra. Annaliese Bulling y al Dr. Laurence Sickman, de Kansas, la información y las fotografías. El estilo y el lustre son tales que difícilmente puede ponerse en duda la autenticidad de la pieza. La Galería Nelson también posee una maqueta hallada en una tumba Han, que representa un molino de mano giratorio con un orificio para un solo mango vertical, como el que hay en el Museo de Arte de Seattle.

[173] F. C. Ma, T. Takasaka, C. W. Yang, *A Preliminary Study of Farm Implements used in Taiwan Province* (Taipei, 1955), 207; F. M. Feldhaus, *Die Maschine im Leben der Völker* (Basilea, 1954), fig. 28.

[174] L. Makkai, "Hadik András az erdélyi mezögazdaságrol", *Agrártörténeti szemle*, I (1957), 42.

[175] R. P. Hommel, *China at Work* (Nueva York, 1937), 247; cf. 238.

latente por lo menos durante diecinueve siglos, sin que se reconociera ni se explotara su enorme potencialidad para la mecánica aplicada. ¿Pudo tal vez haber sido conocida de manera similar, pero dejada de lado, en el Occidente antiguo?

James H. Breasted insistió en que la manivela nació en el Egipto primitivo[176] bajo la forma de un taladro compensado que, según él creía, funcionaba con una manivela. Empero, la parte superior acodada de este taladro ha sido ahora identificada más probablemente con un cuerno de animal sostenido con la mano izquierda para mantener firme el taladro, en tanto que la mano derecha empuja las pesas laterales[177].

Ninguna representación de algún tipo de manivela nos ha llegado directamente de la época de los griegos o de los romanos[178]. No obstante, muchos eruditos modernos han reconstruido ciertos aparatos como la dioptra de Herón con una pequeña manivela en el tornillo de ajuste de su base, simplemente porque, según ellos, ésa es la forma en que la construiría un hombre sensato, y no porque hubiese prueba alguna de la existencia de tal manivela[179]. Análogamente, bocetos renacentistas y modernos del llamado tornillo de Arquímedes lo muestran por lo común con manivela, en tanto que todas las ilustraciones, textos y restos antiguos conservados revelan que en la Antigüedad a esos aparatos elevadores de agua se los hacía funcionar pisándolos[180].

El más formidable alegato en favor del descubrimiento de las manivelas en los tiempos clásicos procede de las barcas del lago Nemi. A partir de 1929, Mussolini hizo desecar el lago Nemi lo bastante como para que quedasen a la vista los cascos de dos barcas ceremoniales construidas tal vez en los días de Calígula (37-41 d.C.). Se descubrieron restos de

---

[176] *Scientific Monthly*, IX (1919), 571-72; L. Klebs, "Die Reliefs des Alten Reiches (2980-2475 y. Chr.)", *Abhandlungen der Heidelberger Akademie der Wissenschaften Phil.-hist. Kl.* (1915), 83, fig. 66.

[177] V. G. Childe, "Rotary motion", en Singer, *History of Teohnology*, I (1954), 192. El estriado de rosca de tornillo que observó dentro de los vasos de piedra F. Petrie, *Tools and Weapons* (Londres, 1917), 44, puede haber sido producido por el movimiento unidireccional no necesariamente continuo, de un taladro de ese tipo. Petrie, lám. LXXVIII, M_3, va más allá de las pruebas al identificar dos "pivotes de hierro de un berbiquí" en un juego de herramientas asirias hallado en Egipto.

[178] Véase pág. 181.

[179] Por ej. A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed. (Cambridge, Mass., 1954), 149, fig. 38; la ha reconstruido correctamente A. G. Drachmasm, "Heron and Ptolemaios", *Centaurus*, I (1950), 127, fig. 4.

[180] Véase pág. 181.

una cadena sin fin de tazas[181] para elevar el agua de la sentina. Esta cadena fue reconstruida no sólo con manivelas, sino con manivelas montadas en volantes[182]. Si la reconstrucción es correcta, marca una época en la historia de la tecnología: nos ofrece la primera manivela de Occidente y el primer volante del mundo aplicado a una operación compleja[183].

Los arqueólogos a cargo del trabajo en el lago Nemi publicaron un inventario muy escrupuloso en el que se indicaba dónde y cuándo habían descubierto los distintos objetos. En cada una de las dos barcas hallaron una canaleta de madera destinada a tirar por la borda el agua de la sentina después de haberla elevado hasta el nivel de la cubierta. Ello significa probablemente que cada barca no contaba más que con un solo aparato elevador de agua. Si se considera que las barcas estaban ancladas en un lago pequeño (1,67 km^2), resguardado dentro de un viejo cráter desprovisto de salida natural, tal precaución habría parecido insuficiente. En 1929, cerca de la canaleta para el agua de la sentina de la primera barca se encontró una rueda dentada que puede legítimamente interpretarse como parte de una cadena de cangilones[184]. En 1931, al examinarse la segunda barca, se halló el pistón de una bomba cerca de la canaleta para el agua de la sentina de esta embarcación[185]. En esta segunda barca, pero a una considerable distancia de los restos de la bomba y la canaleta, se descubrió un disco de madera con un orificio cuadrado en el centro y, cerca del borde, un único orificio cuadrado en el que estaba insertado una especie de mango[186]. A pesar de la improbabilidad de que estos elementos tuviesen algo que ver con una máquina elevadora de agua, ni siquiera en el caso de la segunda barca, a esos fragmentos se los combinó arbitrariamente con la rueda dentada encontrada dos años antes en la primera barca, con lo que se llegó a reconstruir una cadena de cangilones a manivela enteramente aceptable para un cerebro del siglo XX, pero que arqueológi-

---

[181] Véase pág. 182.

[182] G. Ucelli, *Le Navi di Nemi*, 2ª ed. (Roma, 1950), 181, fig. 199; A. Uccelli, *Enciclopedia storica della scienze e della loro applicazioni* (Milán, 1942), II, I, 618, fig. 130.

[183] Distinto de la rueda de alfarero, acerca de la cual cf. Childe, en Singer, *History of Technology*, I (1954), 195-204, y de las poleas de la cinta impulsa-husos; ibid., 433, fig. 273.

[184] G. Ucelli, op. cit., 428, Nº 407 y 408.

[185] G. Ucelli, op. cit., Nº 406 y 410.

[186] Ibid., Nº 409.

camente resulta ser una fantasía. Antes de aceptar este disco giratorio y su espiga excéntrica como un volante y una manivela, debemos conocer muchas más cosas acerca de la cambiante tecnología del Imperio Romano[187]. Al evaluar la finalidad de esos fragmentos, es importante advertir que la clavija de madera mide un largo total de 37 centímetros desde el punto en que sobresale del disco, y que en la parte más delgada su grosor es sólo de 8 milímetros (Fig. 5): es tan endeble que se quebraría inmediatamente al ejercer sobre ella fuerza suficiente para levantar aunque sólo fuera un pequeño peso.

A falta de un firme testimonio arqueológico sobre la existencia de la manivela en la Antigüedad occidental, debemos recurrir a los textos que han sido invocados como pruebas[188]. El problema gira en torno al significado de la palabra χειρολάβη (o χειρολάβίς), que aparece en ciertos tratados de mecánica, y al problema pertinente de si los copistas bizantinos y del Renacimiento modificaron los dibujos reproducidos en esos tratados agregándoles manivelas cuando les parecían necesarias.

Si bien etimológicamente χειρολάβη podría designar cualquier clase de mango, tenía un sentido específico de "cola de arado" (o mancera), lo cual indujo a la mayoría de los estudiosos a asignarle la acepción de manivela en contextos sobre mecánica. Así lo traducen Cohen y Drabkin en un pasaje de la *Mecánica* de Herón y en otro de su *Dioptra*, aun cuando en el primer caso se atienen a la reconstrucción habitual y muestran una manivela[189]. Sin embargo, en todos estos pasajes χειρολάβη puede interpretarse no como una manivela, sino como un mango en forma de T que se introduciría en el terminal cuadrado de un eje, como una alternativa frente a la necesidad de practicar orificios en el terminal del eje para la inserción de los rayos que lo hacían girar. Es de máxima importancia el hecho de que el dibujo correspondiente a la única vez que aparece χειρολάβη en la *Pneumática* de Herón muestre a las claras no una manivela sino precisamente un mango de ese tipo, en

---

[187] Véase pág. 182.

[188] Las afirmaciones de T. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues* (Berlín, 1899), 2, de F. M. Feldhaus, *Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker* (Leipzig, 1914), 592, y de Neuburger, op. cit., 206, de que en el tratado seudo-aristotélico *Problemas Mecánicos*, cap. 29, se habla de la manivela, no se hallan confirmadas en ningún pasaje de esa obra.

[189] M. R. Cohen y J. E. Drahkin, *Source Book in Greek Science* (Nueva York, 1948), 228, 230; cf. P. Ver Eecke, *Papus d'Alexandrie, la collection mathématique* (París, 1933), 841, n. 3; 879, n. 4. En su traducción de la *Dioptra* (Leipzig, 1903), 3 12-33, II. Schóne utiliza el término "Handhabe" en lugar de "Kurbel".

forma de T[190]. Este dibujo puede ser tal vez una muestra representativa de aquella primitiva etapa de dibujos "imperfectos". Lamentablemente a la mayoría de los estudiosos se les ha enseñado que deben atender cuidadosamente a las palabras más que a los objetos o a las imágenes [191]. Los editores eruditos, al transmitirnos los tratados griegos de mecánica, concentraron su atención en las variantes del texto más que en las variantes visuales. Todos los manuscritos que nos han llegado de esas obras provienen de épocas en que ya se conocía la manivela. Mientras no haya sido analizada suficientemente la tradición de esas ilustraciones[192], no podrán aducirse los dibujos de este tipo como una prueba de que el Mediterráneo clásico conoció la manivela.

Pero si no la manivela propiamente dicha, ¿podemos al menos encontrar el movimiento de la manivela en la Antigüedad en otros lugares aparte de China?

La primera aparición indudable del movimiento de manivela se registra en el uso de los molinos de mano[193]. Los dos dispositivos más antiguos de molienda, el mortero y el metate, presuponen ambos el movimiento de vaivén, ya sea machacando o frotando. En la región del Mar Egeo-Mar Negro, la piedra superior del metate se ahuecaba paulatinamente para que sirviera a modo de tolva. De ahí surgió el molino de palanca, en el cual el mango de la piedra superior llevaba un pivote en uno de sus extremos, de suerte que el operador podía aplicar una más eficaz acción de palanca empujando o tirando del otro extremo. Alrededor del siglo VIII a.C., como resultado de diversos experimentos con metates provistos de tolvas, el pivote se desplazó hacia el centro de la muela

---

[190] Ed. W. Schmidt (Leipzig, 1899), 50, 49, fig. 6b.

[191] En la primera edición de su *History of Mechanical Inventions* (Nueva York, 1929), 119, A. P. Usher afirma, aunque sin respaldar su exposición, que "ningún tipo de movimiento de manivela aparece en testimonios" provenientes de la Antigüedad; no obstante, sus figs. 13, 15 y 30 muestran máquinas antiguas reconstruidas en las que se observan manivelas. Evidentemente ningún reseñador de ese libro hizo constar la incoherencia, puesto que ésta se repitió en la nueva edición de 1954 (Cambridge Mass.), 160, figs. 21, 23, 38.

[192] Cf. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II (Leiden, 1955), 112; Drachmann, *Ktesibios*, 41-42, 77. F. W. Galpin, "Notes on a Roman hydraulus", *The Reliquary*, nueva serie, X (1904), 153, asegura que los actuales dibujos agregados a las descripciones que del órgano hidráulico hacen Herén y Vitruvio son representaciones imaginarias que datan del siglo XIV en adelante.

[193] Una urna del periodo Hallstatt hallada en Hungría muestra una varilla con una manivela en cada extremo, para ayudar a abrir la urdimbre del tejido; cf. M. Hoernes, *Urgeschichte der bildenden Kunst in Europa* (Viena, 1898), lám. XXIX; Sittger, *History of Technology*, I (1954), 443, fig. 280. Se trata claramente del mismo *crancstœf* anglosajón del año 1000 (aprox.) (*infra*, pág. 181), pero en ninguno de los casos se menciona un movimiento giratorio continuo.

superior, surgiendo así el molino de mano y, a la larga, los grandes molinos en forma de reloj de arena que se hacían girar por mecho de mulas o de esclavos sujetos con un arnés a mangos horizontales de vigas y que caminaban ininterrumpidamente en circulo alrededor del molino[194].

Pero si bien en esta gran *mola versatilis* se utilizó el movimiento giratorio continuo, y lo mismo, desde luego, en el molino hidráulico que aparece en el siglo I a.C.[195], de ningún modo se conoce claramente en qué época empezó a utilizarse ese tipo de movimiento en los molinos de mano[196]. Sólo recientemente los arqueólogos se han dado cuenta de que los hallazgos de molinos de mano son tan comunes que, si pudieran trazarse pautas de evolución, aquéllos serían útiles para establecer fechas y seguir la trayectoria de las influencias culturales. Los pocos estudiosos que se han ocupado del problema suelen deplorar el frecuente descuido con que ha sido registrada la estratificación de los molinos de mano. Con todo, ni siquiera la minoría perspicaz de quienes toman en cuenta los molinos de mano ha reconocido la importancia de éstos en la historia de la mecánica aplicada. En sus reconstrucciones de las piezas de madera desaparecidas aparece casi siempre un mango vertical de palo, por ser éste el tipo de mango que hoy preferimos. Pero la realidad no fue tan sencilla.

Durante muchas generaciones no se comprendió que en un molino de mano los granos se molían no tanto por el peso de la muela superior como por su movimiento cortante, y que la harina tendía a desparramarse hacia afuera lo mismo con una muela inferior achatada que con una muela cónica. A raíz de esto, los primeros molinos de mano fueron bastante pesados, y el mango, o los mangos, iba insertado horizontalmente en el costado de la muela superior, como las vigas laterales de un molino movido por mulas. En estos molinos de mano los molineros aplicaban el movimiento de vaivén hacia adelante y hacia atrás; tres molinos de esta clase se encontraron *in situ* en Vetulonia, tan cerca de las paredes que la rotación completa habría sido imposible aun

---

[194] Un esclarecedor resumen de esta evolución figura en J. Stork y W. D. Teague, *Flour for Man's Bread: A History of Milling* (Minneapoljs, 1952), 71-79; cf. también L. A. Moritz, *Grain Mills and Flour in Clasical Antiquity* (Oxford, 1958), 10-121.

[195] *Supra*, pág. 97.

[196] Véase pág. 183.

cuando el molinero cambiase la posición de sus manos durante la rotación[197].

Con el correr de los siglos, las muelas de los molinos de mano se hicieron cada vez más chatas y delgadas. A veces el orificio lateral de la muela se curvaba hacia arriba hasta salir por la parte superior, y un aro de cuerda que pasaba por ese orificio hacía las veces de mango. Pero la forma en que los lados de los agujeros aparecen desgastados revela que el movimiento seguía siendo de vaivén[198]. A medida que fue disminuyendo el peso de las muelas superiores, resultaba más difícil insertar horizontalmente un rígido mango de palo; su ángulo se iba desplazando hacia arriba y, a la larga, terminó por estar verticalmente en la cara superior.

Entonces, por fin, gracias al mango de palo vertical, fue posible la rotación continua del molino de mano con movimiento de manivela. Pero ¿con qué rapidez se produjo en la realidad este cambio? En las Islas Shetland todavía en el siglo XIX los molinos de mano eran a menudo accionados por dos mujeres con un movimiento hacia adelante y hacia atrás[199]. Además, como sucede con frecuencia, en los casos en que hay dos agujeros en la muela superior, o dos ranuras en lados opuestos, no es del todo seguro que se hayan utilizado mangos verticales: lo más probable es que se extendiese de lado a lado una barra horizontal encajada en aquellos huecos o ranuras, con lo cual podía disponerse de asideros[200]. Sólo cuando nos encontramos con una muela superior completa, provista de un único orificio vertical para insertar un palo, podemos suponer que el mango se hallaba preparado como para permitir un movimiento de manivela.

Sin embargo, resulta muy incierta la datación de ese tipo de molinos de mano. En Saalburg de la Frontera se encontraron más de 100 molinos de mano correspondientes a fechas entre el siglo I y fines del III de nuestra era, todos ellos con huecos para mangos laterales y no

---

197 *Notizie degli scavi* (1894), 358.

198 Véase pág. 183.

199 E. C. Curwen, "More about querns", *Antiquity*, XV (1941), 30. Esto aclara indudablemente aquel *Quern long* (Canto del molino) noruego del siglo X, que habla de un rey que tenía como esclavas a dos doncellas gigantes que trabajaban en un molino mágico destinado a moler oro en polvo; cf. A. Olrik, *Time Heroic Legends of Denmark* (Nueva York, 1919), 449-460.

200 Véase pág. 183.

verticales[201]. En la Universidad de Yale he visto un molino de mano no descrito en ninguna publicación, que tiene un solo agujero para palo vertical; fue encontrado en Dura Europos y, por lo tanto, se presume que data como máximo del año 256 d.C. Desearíamos estar seguros de su estratificación y poder descartar el que hubiese sido dejado en Dura por viajeros que acamparon en medio de las ruinas; en efecto, una autoridad en la materia insiste en que tales molinos eran desconocidos en Palestina y Siria hasta la época de los musulmanes[202]. Las discusiones posteriores no han invalidado la sugerencia formulada por Cedil Curwen en 1937, de que los molinos de mano con un solo mango vertical de madera son, por lo menos en Gran Bretaña, "tipos de fines de la época romana o posromanos"[203].

Sentada delante de un molino de mano provisto de un solo mango vertical, una persona del siglo XX le imprimiría un movimiento rotativo continuo. Pero es mucho menos seguro que una persona de la época del Imperio Romano decadente hubiese hecho lo mismo. El movimiento de manivela fue una invención cinética más ardua de lo que podemos imaginar fácilmente. No obstante, en algún momento cambió el sentido del movimiento apropiado; efectivamente, del molino de mano giratorio salió un nuevo mecanismo, la piedra giratoria de afilar, que (como lo prueba su denominación latina, *mola fabri*) es la muela superior de un molino de mano vuelta de canto y adaptada a la tarea de amolar. Y con la piedra giratoria de afilar aparece en Occidente la manivela.

---

201 L. Jacobi, *Das Römerkastell Saalburg* (Hamburgo, 1897), lám. XXVII. Moritz, op. cit., 126-30, rechaza acertadamente ciertas reconstrucciones de molinos de mano con manivelas, como algo "totalmente conjetural" y basado en analogías con los molinos de mano medievales.

202 P. Thomsen, "Muhle", en M. Ebert, *Reallexikon der Vorgeschichte*, VIII (1927), 325. Este tipo de molinos de mano eran conocidos en China hacia fines del siglo II como fecha más tardía, *supra*, pág. 121, n. 172. H. D. Sankalia, "Rotary querns from India", *Antiquity*, XXXII (1959), 128-30, registra ranuras transversales para mangos que datan de una fecha no posterior a los siglos II-I a. C. Ignoro cuándo habrá llegado a la India el mango de palo vertical.

203 E. C. Curwen, "Querns", *Antiquity*, XI (1937), 146. II. E. M. Wheeler, "Maiden Castle, Dorset", *Reports of the Society of Antiquaries of London*, XII (1943), 322, fecha entre los años 25 y 50 d. C. un molino de mano en el cual "el hueco, originariamente practicado a un costado, se fue desplazando durante el proceso de la molienda hasta ser reemplazado por un orificio en la parte superior". Sin embargo, su fig. 116, Nº 23, que ilustra esta observación, muestra que sólo se conserva un tercio de la muela. Por lo tanto, ésta puede haber tenido un mango horizontal asegurado sobre dos ranuras en lados opuestos de la circunferencia. M/. E. Griffiths, "Decorated rotary querns from Wales and Ireland", *Ulster Journal of Archaeology*, XIV (1951), 49-6 1, fecha un tanto vagamente estos molinos de mano entre los años 200 y 600 d. C.

En el Salterio de Utrecht, iluminado en la región de Reims entre los años 816 y 834[204], se ven tanto la primitiva piedra giratoria de afilar[205] como la primera manivela europea.

La manivela mecánica sorprende no sólo por su tardía invención, o por haber llegado de China, sino también por el retraso casi increíble con que, una vez conocida, fue asimilada por el pensamiento tecnológico. Después de la piedra de afilar, encontró su próxima aplicación en el[206] *hurdy-gurdy* (organistrum). Un breve tratado musical, atribuido en forma un tanto dudosa al abad Odón de Cluny (m. 942), describe un instrumento de cuerdas y teclas que producía sonidos mediante una rueda untada de resma que se hacía girar con una manivela[207]. Sin embargo, no se ha encontrado de este aparato ninguna representación anterior al siglo XII, en el que aparecen dos[208]. Del siglo XII proviene igualmente una figura de la diosa Fortuna que hace girar con una manivela su rueda del destino, lo cual resulta más divertido por el hecho de que el iluminador se muestra muy inseguro acerca de cómo funciona una manivela[209]. El siglo XIII no nos ofrece ninguna otra cosa que no sean más *hurdy-gurdies*[210] y otra diosa Fortuna moviendo su manivela, aunque esta vez con más acierto[211]. El siglo XIV no presenta innovaciones en la aplicación corriente, a pesar de una revolucionaria novedad teórica que examinaremos en seguida. El cabrestante provisto

---

[204] Véase pág. 183.

[205] Wheeler, op. cit., 321, menciona tres piedras de afilar (presumiblemente servían sólo para esmerilar) en Maiden Castle, pero no intenta fecharlas con precisión. La mayor parte de los restos provenientes de este lugar no son posteriores al siglo I d. C., pero hay también materiales del siglo IV y una tumba sajona del 600 d. C. (aprox.). Si se tiene en cuenta el probable valor de conservación de las piedras de afilar, uno se siente desorientado ante el silencio de los arqueólogos respecto de aquéllas, si en realidad se las conocía en la época romana y en la Alta Edad Media.

[206] La operación de abrir la urdimbre con el *crancstaef* anglosajón no suponía necesariamente ningún movimiento rotativo continuo; cf. *supra*, pág. 125, n. 193.

[207] *Quonsodo organistrum construatur*, en M. Gerbert, *Scriptores ecctesiastici de musica* (San Blas, 1784), I. 303; cf. G. Reese, *Music in the Middle Ages* (Nueva York, 1940), 258; C. Sachs, *History of Musical Instruments* (Nueva York, 1940), 271.

[208] E. Millar, *English Illuminated Manuscripts from the Tenth to the Thirteenth Century* (París, 1926), lám. 60(a) tomada de Glasgow, MS. de Hunter, 229; E. E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné du mobilier*, II (París, 1871), 248, de un capitel existente en Bascherville.

[209] M. R. Janes, *Descriptive Catalogue of the Latin Manuscripts in the John Rylands Library* (Manchester, 1921), lám. 110.

[210] Véase pág. 184.

[211] Herrade de Landsberg, op. cit., lám. LV (2); A. Doren, "Fortuna im Mittelalter und in der Renaissance", *Bibliothek Warburg Vorträge*, 1922-23, 1 (1924), fig. 7.

de manivela para abrir de lado a lado una pesada ballesta de acero se atribuye a menudo al siglo XIV[212]; pero lo cierto es que en Camboya hallamos en el siglo XIII una gran ballesta khmer accionada por dos hombres mediante dos manivelas[213]. En Europa, en cambio, no se encuentra ningún testimonio seguro de esa aplicación antes del año 1405 (aprox.), fecha en que el inédito Bellifortis de Konrad Kyeser ilustra cinco diferentes dispositivos a manivela para ese fin[214]. Kyeser solamente describe otras tres aplicaciones muy sencillas de la manivela[215], y de otras fuentes de su misma época no nos ha llegado nada más curioso que un carrete a manivela para enrollar madejas de hilado[216]. A principios de la década del 1400, por lo menos doce siglos después de conocida en China y seis siglos después de su primera aparición en Europa, la manivela seguía siendo aún un elemento latente en la tecnología. En cuanto al Islam y a Bizancio, no encuentro ningún testimonio firme, ni siquiera de la más simple aplicación de la manivela, hasta el libro de al-Jazarī, del año 1206[217].

Con todo, durante el siglo XIV iba germinando una transformación. El Salterio de Luttrell, que data más o menos del 1340, atestigua que se usaba por esa época una piedra de afilar accionada por medio de dos

---

[212] Por ej. por Viollet-le-Duc *op. cit.*, V (1874), 26; R. Payne-Gallwey, *The Crossbow* (Londres, 1903, reimpr. 1958), 71; H. 5. Cowper, *Art of Attack* (Ulverston, 1908), 261, fig. 351; A. Uccelli, *Storia della tecnica* (Milán, 1945), 210, fig. 102. Según F. Deters, *Die englischen Angriffswaffen zur Zeit deir Einführung der Feuerwaffen* (1300-1350) (Heidelberg, 1913), 119, en la primera mitad del siglo se utilizaba un "Arwelast off vys". Sin embargo, R. Valturio, *De re militari* (Verona, 1472), fol. 161^{v}, muestra una ballesta abierta mediante un tornillo que no se acciona con una manivela sino que se hace girar por medio de una manecilla en forma de X.

[213] P. Mus, "Les Balistes du Bayon", Bulletin de l'Ecole Française d'Extrême Orient, XXIX (1929), 333, lám. XLVII-A. En pág. 335, Mus puntualiza que no se ha encontrado en Ankor Wat ningún elemento de esa índole que denote una revolución. en el armamento khmer en los siglos XII-XIII. H. G. Q. Wales, *Ancient Southeast Asian Warfare* (Londres, 1952), 102, relaciona esto con un oficial del ejército chino que naufragó en Camboya en 1172 y que asesoró al rey sobre reformas militares.

[214] Biblioteca de la Universidad de Gotinga, Cod. phil. 63, fols. 74^{r}, 76^{r} y ^{v}, 77^{r}; fotografías en mi poder; cf. Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 21.

[215] Fol. 56^{v}, cadena de cangilones; 63^{r}, tomillo de Arquímedes; 64^{r}, piedra de afilar; 133^{r}, rueda de campanillas.

[216] A. Stange, *Deutsche Malerer der Gothik*, II (Berlín, 1936), 170, lám. 218; 0. Fischer, *Geschichte der deutschen Malerei*, 2ª ed. (Munich, 1943), 108, fecha la figura alrededor de 1410. C. H. Livingston, *Skein-winding Reels: Studies in Word History and Etymology* (Ann Arbor, 1957), 12, fig. 4, no conoce ningún ejemplo de aplicación de la manivela hasta fines de ese siglo. En 1462 se encuentran en China carretes similares provistos de manivela; cf. O. Franke, *Kêng tschi t'u: Ackerbau und Seidengewinnung in China* (Hamburgo, 1913), láms. LXXXIII, LXXXIV, XCIII, XCVI; en cuanto a su datación, cf. *infra*, pág. 132, n. 236.

[217] Véase pág. 184.

manivelas, una en cada extremo de su eje[218], como en el caso de la ballesta camboyana mencionada anteriormente. En 1335 el famoso médico italiano Guido da Vigevano, que vivía entonces en París, incluyó en su inédito *Texaurus regis Francie acquisitionis terre sancte*, donde instaba a Felipe VI a emprender una nueva cruzada, un capítulo sobre máquinas militares destinadas a derrotar a los paganos y presumiblemente inventadas por el propio Guido. En dos de las ilustraciones anexas[219], y gracias a una genial intuición, combinó las dos manivelas que la piedra de afilar tipo Luttrell llevaba en los extremos del eje, formando una manivela compuesta en el centro del eje. Guido poseía una de las mentes más audaces de su época[220]; un erudito moderno atestigua que Guido "evidentemente estaba muy familiarizado con las artes manuales"[221]. No hay pruebas de que alguna de las máquinas por él proyectadas haya llegado a ser construida alguna vez; no obstante, sus bocetos demuestran que en el aire flotaban ideas nuevas acerca de la manivela.

Para fines prácticos, la manivela compuesta fue inventada alrededor del 1420, con la forma de berbiquí de carpintero, por algún artesano flamenco[222]. La primera representación aparece en un panel del altar de Santo Tomás, de Meister Francke, hecho por encargo en 1424[223]; la segunda se halla en el retablo de Merodio, de Mester de Flemaille, que data de 1427-28[224]; la tercera se observa en una miniatura francesa o

---

218 E. Millar, *Luttrell Psalter* (Londres, 1932), lám. 25b. El molino de mano con engranajes, provisto de una o dos manivelas, no aparece antes del siglo XV; cf. A. T. Nolthenius, "Les Moulins à main au moyen âge", *Techniques et civilisations*, IV (1955), 149-52.

219 Bibliothèque Nationale, MS. fonds lat. 11015, fols. 10v, 14 v; cf. Singer, *History of Technology*, II (1956), figs. 594, 659. A. R. Hall, "The military inventions of Guido da Vigevano", *Actes du VII^e Congrès International d'Histoire des Sciences* (Florencia, 1958), 966, menciona un segundo manuscrito de esta obra, con las ilustraciones de manivelas compuestas, copiado en 1375 en Chipre por un tal Martín de Aquisgrán, que por otra parte es desconocido. Hall, 969, afirma con acierto que la obra de Guido no fue totalmente dejada de lado: influyó sobre Valturio en 1463; cf. *infra*, pág. 132, n. 234.

220 cf. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, III (Nueva York, 1934), 26-27; E. *Wickersheimer Dictionnaire biographique des médecins en France au moyen âge* (París, 1936), 216-17; G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, III (Baltimore, 1947), 846-47.

221 A. R. Hall, "Military technology", en Singer, op. cit., II, 725-26.

222 El francés *vilebrequin*, "berbiquí", es de origen flamenco; de ahí el catalán *filabarquí* o *belebarquí*, el español *berbiquí*, portugués *berebequim*; cf. A. Thomas, *Essais de philologie française* (París, 1897), 399-400. H. Gade, *Ursprung und Bedentung der üblicheren Handwerkzeugnamen im Französischen* (Kiel, 1898), 61, fecha la aparición del vocablo flamenco *wimbrequin* en 1432.

223 B. Martens, *Meister Francke* (Hamburgo, 1929), 111, lám. XXVII; Singer, op. cit., fig. 595.

borgoñona de 1430 en el Misal de Bedford[225]. Dada esta distribución, es obvio que la manivela compuesta, en forma de berbiquí de carpintero tuvo origen en el Norte de Europa. El primer indicio de este dispositivo aparece en Italia, en el cuaderno de Giovanni da Fontana (1420-49 aprox.), y prueba que Fontana no había visto ninguno, sino que simplemente había oído hablar de un taladro provisto de manivela: su dibujo corresponde a una herramienta que no podía funcionar (Fig. 6)[226]
Pero entonces, después de tanto tiempo, la idea latente de la manivela empezó de pronto a despertar en los cerebros europeos. Hacia el 1430 (aprox.) la manivela compuesta había sido trasladada del berbiquí de carpintero al diseño de cierto tipo de máquinas que no tenían precedentes, a juzgar por el cuaderno de un ingeniero militar alemán de las guerras husitas. En primer lugar, se aplicó a las manivelas la biela, sustituto mecánico del brazo humano[227]. En segundo lugar, aparecieron manivelas compuestas dobles, provistas igualmente de bielas[228]. Tercero, se aplicó a estas manivelas el volante, a fin de poder vencer el "punto muerto", principal dificultad del movimiento mecanizado de la manivela[229].
En Italia, el más antiguo testimonio de una manivela compuesta, con su correspondiente biela, figura en un manuscrito de Mariano di Jacopo Taccola, que no es anterior al 1441 ni posterior al 1458[230]; pero el dibujo (Fig. 7) revela una interpretación defectuosa del movimiento en cuestión.

---

[224] E. Panofsky, *Early Netherlandish Painting* (Cambridge, Mass., 1953), II, fig. 204, 1, 167; Singer, op. cit., lám. 12; cf. M. Schapiro, "«Muscipula diaboli»: the symbolism of the Mérode altarpiece" *Art Bulletin*, XXVII (1945), 184 y fig. 1.

[225] Véase pág. 185.

[226] Munich, Biblioteca del Estado de Baviera, Cod. icon. 242, fol 40ᵛ; en Cuanto a la fecha, c. *supra*, pág. 115, nota 131.

[227] Munich, Biblioteca del Estado de Baviera, Cod. lat. 197, fols. 18ʳ, 42ʳ; cf. B. Gille, "La Naissance du système bielle-manivelle", *Techniques et civilisations*, II (1952), fig. 2, y su "Le Manuscrit dit de la Guerre Hussite", ibid., V (1956), 79-86; Singer, *History of Technology*, II (1956), fig. 596; F. M. Feldhaus, *Geschichte der Kugel-, Walzen- und Rollenlager* (Schweinfurt sobre el Main, 1914), 11, fig. 3.

[228] Cod. lat. 197, fol. 21ʳ y ᵛ; Gille, "Bielle-manjvelle", fig. 3; Singer, op. cit., fig. 597. Un posible origen de la biela es sugerido por P. Tohell, en "Team work on a rotary quern", *Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland*, LXXXI (1951), 70-71, que describe un gran molino de mano giratorio que funcionaba en County Sligo, hacia el 1900: a un solo mango vertical se habían atado cuatro cuerdas, de cada una de las cuales tiraban sucesivamente cuatro hombres en círculo.

[229] Cod. cit.; *Bellifortis*, de Kyeser (su pra, pág. 129, n. 214), del 1405 (aprox.), muestra un gigantesco trabuco, en cuyo aparato para bajar el brazo disparador se ven probablemente molinos de rueda de andar, y no simples volantas; cf. *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, V (1909-11), 385, fig. 41.

Sin embargo, en el Louvre se conserva un dibujo de Pisanello -que murió alrededor del 1456 y que nunca viajó fuera de Italia-, el cual representa claramente una bomba de pistón movida por medio de una rueda hidráulica y accionada mediante dos manivelas sencillas y dos bielas[231].

En realidad, el paso siguiente, acaso el último paso fundamental en la exploración de las posibilidades cinéticas de la manivela y la biela, puede ser adjudicado a Italia. Alrededor del 1430 el ingeniero alemán de las guerras husitas había resucitado[232] la idea de Guido da Vigevano[233], publicada originariamente en Francia, de un barco provisto de dos juegos de ruedas de paletas, que varios hombres hacían girar accionando una manivela compuesta colocada en el eje de cada par. Apenas una generación después, en 1463, Roberto Valturio revela que el concepto no sólo era conocido sino que había sido mejorado en Italia: presenta la ilustración de un barco provisto de cinco pares de manivelas, pero ahora estas manivelas paralelas se hallan todas conectadas por una biela a una única fuente de energía[234]. Este dispositivo destinado a trasladar el movimiento giratorio a un plano paralelo aparece igualmente en un manuscrito florentino del *Trattato di architettura* de Francesco di Giorgio (Fig. 8), 1482-1501[235].

---

[230] Munich, Biblioteca del Estado de Baviera, Cod. lat. 197, fol. 82ᵛ; sobre la fecha, cf. P. Fontana, "I codici di Giorgio Martini e di Mariano di Jacomo detto il Taccola", *Actes du Congrès d'Histoire de l'Art*, I (1936), 102-03; M. Salmi, *Disegni di Francesco di Giorgio nella Collezione Chigi Saracini* (Siena, 1947), II, n. 1; L. Thorndike, "Marianus Jacobus Taccola", *Archives internationales d'histoire des sciences*, VIII (1955), 20.

[231] B. Degenhart, *Antonio Pisanello*, 3ª ed. (Viena, 1942), fig. 147, del dibujo Nº 2286 del Louvre.

[232] MS. lat. 197, fol. 17ᵛ; cf. A. Uccelli, *Storia della tecnica* (Milán, 1945) 535, fig. 52; G. Canestrini, *Arte militare meccanica medievale* (Milán, s. f.), lám. CXXVIII. Leonardo bosquejó un tanque militar destinado a ser impulsado por pares de ruedas conectadas mediante ejes provistos de manivelas compuestas; pero, demostrando que aun Leonardo podía dormitar, B. Dibner, "Leonardo da Vinci, military engineer", en *Studies and Essays in the History of Science and Learning offered to G. Sarton*, ed. M. F. A. Montague (Nueva York, 1946), 96, n. 7, fig. 6, señala que el engranaje se halla dispuesto de tal manera que las ruedas delanteras y las traseras girarían en direcciones opuestas.

[233] *Supra*, pág. 129, n. 219.

[234] Bibliothèque Nationale, MS. 7236, fol. 170ʳ, cf. Thorndike, "Marianus", 23. *De re militari*, de Valturio, que ilustra este barco en el fol. 215ʳ, fue publicado en Verona en 1472. En cuanto a un ejemplo italiano un poco posterior, cf. Uccelli, op. cit., 536, fig. 55; Canestrini, op. cit., lám. CXXXII.

[235] Biblioteca Nazionale, Florencia, MS. II. I, 141, fol. 198ᵛ; Library of Congress, Washington, microfilm MLA 588 f. En cuanto a la fecha, cf. A. S. Weller, *Francesco di Giorgio* (Chicago, 1943), 268. La misma disposición aparece poco más tarde en un boceto de Leonardo da Vinci de una máquina centrífuga elevadora de agua, MS. F., fol. 13ʳ; cf. F. M. Feldhaus, *Leonardo als Techniker und Erfinder* (Jena, 1913), 47.

Si bien no poseemos ningún testimonio temprano del uso de la manivela compuesta en China, se encuentra allí hacia el 1462 una manivela simple con biela, aplicada a un molino de tracción humana para descascarar arroz, si hemos de guiamos por las ilustraciones similares de una edición japonesa de 1676 y una edición china de 1696, derivadas ambas independientemente de una edición de aquella primitiva fecha[236].

Los estudiosos que se han ocupado de mecánica aplicada coinciden en que "el progreso técnico que caracteriza específicamente a la era moderna es el que va de los movimientos de vaivén a los movimientos giratorios"[237], y en que la manivela presupone ese cambio. La aparición del berbiquí en la década de 1420 y de la doble manivela compuesta con biela alrededor de 1430 señala el paso más significativo en la revolución del diseño de máquinas en la Baja Edad Media. Estos dispositivos fueron absorbidos con extraordinaria rapidez por el pensamiento tecnológico europeo y utilizados en la más amplia variedad de aplicaciones[238]. ¿Cómo explicar la demora de tantos siglos, no sólo en cuanto al descubrimiento inicial de la manivela simple, sino también en cuanto a su vasta aplicación y perfeccionamiento?

El movimiento giratorio continuo es típico de la materia inorgánica, en tanto que el movimiento de vaivén es la única forma de movimiento que se encuentra en los seres vivientes. La manivela combina esas dos clases de movimiento; en consecuencia, nosotros, a fuer de seres orgánicos, comprobamos que no nos resulta fácil adaptarnos al movimiento de manivela. El gran físico y filósofo Ernst Mach hizo notar que los niños encuentran difícil de aprender el movimiento de manivela[239]. A pesar de la piedra giratoria de afilar, aún hoy las navajas de afeitar se asientan sobre una piedra, no se afilan con muelas: advertimos que el movimiento rotativo resulta un obstáculo para la máxima sensibilidad

---

[236] O. Franke, Kéng tschi t'u: *Ackerbau und Seidengewinnung in China* (Hamburgo, 1913), lám. L, LI, y figs. 35-38. Franke, 78, va más allá de las pruebas al pretender que la reimpresión japonesa de 1676 (que contiene nuevas xilografías) de la edición china de 1462 nos proporciona las figuras de la edición de 1237: primero, la edición de 1462 incluía una reelaboración de las ilustraciones primitivas (cf. 73-74, 76-77); segundo, la edición japonesa contiene (cf. lám. XCV) un carrete para devanar madejas que no figuraba en la edición china de 1696 y que, por consiguiente, tiene que haber sido un agregado japonés.

[237] L. Mumford, *Technics and Civilisation* (Nueva York, 1934), 80.

[238] Ver pág. 186.

[239] H. T. Horwitz, "Uber die Entwicklung der Fähigkeit zum Antreib des Kurbelmechanismus", Geschichtsblätter für Technik und Industrie, XI (1927), 30-31.

deseada. El *hurdy-gurdy* no tardó en caer en desuso como instrumento de música seria, dejando que el arco de violín, de movimiento alternativo -novedad del siglo X-[240], echara las bases del moderno desarrollo musical en Europa. Para usar una manivela, nuestros tendones y músculos deben acomodarse al movimiento de galaxias y electrones. Nuestra raza ha retrocedido durante largo tiempo ante esa inhumana aventura.

Al tratar de resolver los problemas del movimiento giratorio continuo, los técnicos se encontraron con que necesitaban volantes y otras formas de reguladores mecánicos para atenuar las irregularidades del impulso y vencer los "puntos muertos". El volante aparece por vez primera como elemento de maquinaria en un tratado sobre tecnología escrito a fines del siglo XI por el monje Teófilo, el cual habla de una "rotula sive lignea sive plumbea tornatilis", colocada en el eje de un molinillo para moler pigmentos, provisto de una mano de mortero giratoria, y también de una "rotula plumbi parvula" instalada en el eje de un aparato para taladrar[241]. En el segundo cuarto del siglo XIV, Juan Buridán defendía su nueva teoría del ímpetu con la observación de que la piedra giratoria de afilar continúa dando vueltas mucho después de retirada la mano, lo cual indica que la muela almacena energía o "vis impressa"[242]. Ya hemos mencionado los volantes utilizados en máquinas de gran tamaño hacía el 1430, según el cuaderno del anónimo ingeniero de las guerras husitas[243]. Tan grande fue el entusiasmo de los ingenieros del Renacimiento por la combinación de volante y manivela, que trataron de asimilar ambas cosas doblando a menudo en pequeños círculos la sección central, o asiento de chavetero, de sus manivelas. En 1567 Giuseppe Ceredi, en el primer comentario teórico que he encontrado

---

[240] Madrid, Biblioteca Nacional, Códice Hh 58, *Beatus in Apocalipsim*, fol. 130ʳ, de comienzos del siglo X, muestra cuatro arcos musicales de forma muy primitiva; fotografías en el Indice Princeton de Arte Cristiano; cf. L. Bréhier, *La Sculpture et les arts mineurs byzantins* (París, 1936), lám. 36, Nº 2, donde se habla de un cofre de marfil del siglo X.

[241] Teófilo, *Diversarum antium schedula*, ed. W. Theobald (Berlín, 1933), 14, 174; cf. 191. Sobre la fecha, cf. B. Bischoff, "Die Überlieferung des Theophilus-Rugerus nach den ältesten Handsschriften", *Münchner Jahrbuch den bildenden Kunst*, III-1V (1952-53), 145-49; E. W. Bulatkin, "The Spanish word 'matiz': its origin and semantic evolution of the technical vocabulary of medieval painters", *Traditio*, X (1954), 487.

[242] J. Buridan, *Quaestiones super Libris quatuor de caelo et mundo*, ed. E A. Moody (Cambridge, Mass., 1942), 180, 242-43; A. Maier, *Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie* (Roma, 1951), 208, y. 40; 209, Vs. 72-76; cf. *infra*, pág. 187.

[243] *Supra*, pág. 131, n. 229.

acerca de la manivela, señala que ésta mecánicamente carece de uso[244]; no obstante, manivelas graciosamente curvadas siguieron siendo comunes hasta muy avanzado el siglo XIX.

Hacia fines del siglo XV se encuentra en Europa un tipo nuevo de regulador que, al igual que el molino de viento de eje vertical y la turbina de aire caliente[245], probablemente fue traído del Tíbet por esclavos de Asia Central, tan numerosos en Italia por aquella época[246]. Tal como el cañón de mano derivó del cañón más grande, y el reloj de pulsera del monumental reloj de pared, así también el cilindro manual de rezos del Tíbet fue indudablemente la concreción de un dispositivo más antiguo[247] accionable por un grupo de personas. Pero ello implicaba una innovación mecánicamente importante: un pequeño regulador de bola y cadena, adosado a su periferia, mantenía la rotación. Hacia el 1480 se encuentra en Alemania una bola de metal en una de un par de manivelas compuestas, destinada a contrabalancear el impulso de una biela en la segunda manivela compuesta[248]. En el manuscrito de Francesco di Giorgio, de 1482-1501[249] (Fig. 9), se ve un regulador de bola y cadena que responde exactamente al modelo tibetano, en combinación con manivelas compuestas y bielas; en tanto que en 1507 nos encontramos con que la rotación de un asador aparece regulada por tres pesas que giran sobre un eje vertical[250].

Tal fue el impulso de los técnicos del siglo XV hacia el movimiento giratorio continuo, que se pasó por alto el péndulo, regulador básico del movimiento de vaivén. En la última década del siglo el genio de Leonardo lo vislumbró[251], pero no se ensayaron claramente sus posibi-

---

244 G. Ceredi, *Tre discorsi sopra il modo d'alzar acque da' luoghi bassi* (Parma, 1567), 54-68.

245 *Supra*, págs. 103, 110.

246 Cf. L. White (h.), "Tibet, India and Malaya as sources of Western mediaeval technology", *American Historical Review*, LXV (1960), págs. 515-26.

247 *Supra*, págs. 102-103. La frecuente afirmación de que en monedas de los reyes de Kushan, especialmente de Huvishka (130-60 d.C., aprox.), se ve el cilindro manual de rezos carece de fundamento. El Dr. John Rosenfield, de la Universidad de Harvard, me asegura, basado en un estudio de la evolución de la iconografía real de Kushan, que ese objeto es una pequeña clava, un emblema de poder.

248 *Mittelaiterliches Hausbuch*, ed. cit., lám. 47; Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 481.

249 Florencia, Biblioteca Nacional, MS. II. 1, 141, fol. 96r; cf. *supra*, página 132, n. 235.

250 Feldhans, op. cit., fig. 100.

251 Ver pág. 186.

lidades para máquinas de aserrar, fuelles y bombas, hasta el momento en que apareció la obra de Besson, en 1569[252].

Otro dispositivo medieval estrechamente vinculado a la manivela y al volante es el pedal. No existen pruebas de que la Antigüedad conociese el pedal en ninguna de sus formas[253], excepto en China, donde se lo usaba en telares a mediados del siglo II de nuestra era[254]. En Europa los más antiguos indicios del telar se encuentran en la descripción que hace Alexander Neckam del proceso de tejer muy a fines del siglo XII[255], en hallazgos arqueológicos de principios del siglo XIII[256] y en una ilustración inglesa de un telar de mediados del siglo XIII[257]. En ventanas de vitrales y en iluminaciones del siglo XIII son frecuentes los telares a pedal[258], como lo son los tornos accionados de igual manera[259]. En vista de todo esto, resulta extraño que el pedal, al parecer, no haya sido aplicado al órgano (la más compleja máquina utilizada en la Edad Media) en forma de teclado de pie hasta el año 1418, aproximadamente[260].

Con el pedal guardaban relación el muelle de vástago y el muelle de arco. Si bien el muelle era conocido por los griegos y romanos, y utilizado en arcos, trampas y máquinas militares, el único testimonio del uso de uno de ellos en la época clásica como parte del funcionamiento continuado de una máquina es el que nos ofrece el órgano hidráulico, que tenía un muelle de cuerno o metal elástico destinado a detener cada nota una vez presionada hacia abajo la corredera perforada que la hacía

---

252 J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinanum* (Lyón, 1589). No he visto esta edición, que contiene 49 láminas; pero he utilizado la de Lyón, 1578, con 60 láminas; cf. láms. 10, 11, 14, 44, 47, 48. Un punka regulado pendularmente, que refleja tal vez influencia india, se encuentra en G. A. Böckler, *Theatrum machinarum novum* (Nuremberg, 1661), lám. 83.

253 *Infra*, pág. 181, y F. M. Feldhaus, *Die Geschichte den Schieifmittel* (Hannover, 1919), 12-13.

254 Ver pág. 186.

255 U. T. Holmes (h.), *Daily Living in the Twelfth Century, Based on Observations of Alexander Neckam in London and Paris* (Madison, 1952), 146-47.

256 G. Sage, "Die Gewebe aus dem alten Oppeln", *Altschiesien*, VI (1936), 322-32.

257 Singer, *History of Technology*, II (1956), fig. 181; M. R. James, *Catalogue of the Western Manuscripts of Tninity College, Cambridge* (Cambridge, 1902), Nº 1446, III, 489; acerca de la fecha y origen, cf. 482.

258 Cf. G. Durand, *Monographie de l'église Notre-Dame cathédrale d'Amiens* (París, 1901-03), II, 561-62, fig. 256; Y. Delaporte, *Les Vitraux de la cathédrale de Chartres* (Chartres, 1926), II, lám. CXI; P. Clemen, *Die romanische Monumentalmalerei in der Rheinlanden* (Düsseldorf, 1916), lám. XXXI y fig. 347; A. de Laborde, *La Bible moralisée* (París, 1912), II, lám. 213.

259 Delaporte, op. cit., III, lám. CLXXXIX.

260 C. W. Pearce, *The Evolution of the Pedal Organ* (Londres, 1927), I.

sonar[261]. El resorte no entra en el diseño de máquinas hasta más o menos el año 1235, fecha en que el cuaderno de apuntes de Villard de Honnecourt nos permite ver un muelle de vástago que da el impulso ascendente a una sierra hidráulica[262]. De paso, este dibujo presenta la primera máquina industrial automática destinada a desarrollar dos movimientos: además de convertir el movimiento giratorio de la rueda en movimiento de vaivén de la sierra, hay un alimentador automático que mantiene el leño apretado contra la sierra. Poco después de 1235, en Boppard (Renania)[263] encontramos un muelle de este tipo que, en combinación con un pedal, se utilizaba en lugar de una polea para accionar los lizos de un telar, y en la ventana de una carpintería, en Chartres (1215-40), se observa una sierra vertical accionada por medio de pedal y muelle superior[264].

Hacia el 1250 se utilizaban muelles superiores para poner en movimiento el torno: en épocas anteriores el torno se hacía girar mediante un arco sostenido con la mano izquierda, cuya cuerda se enrollaba alrededor del eje del torno; ahora la cuerda iba del pedal al muelle de vástago, quedando libres ambas manos del artesano[265]. Esta clase de impulso se encuentra todavía alrededor del 1500 en la herramienta mecánica más antigua que ha llegado hasta nosotros, el torno predilecto del emperador Maximiliano[266], si bien más o menos hacia el 1480-82 Leonardo de Vinci ya había bosquejado un torno provisto de pedal,

---

[261] W. Apel, "Early history of the organ", *Speculum*, XXIII (1948), 195, fig. 3; cf. 216, fig. 16; XV. Chappell, *History of Music* (Londres, 1874), I, 347; F. W. Galpin, "Notes on a Roman hydraulus", *The Reliquary*, nueva serie, X (1904), 162; Drachmann, *Ktesibios*, 8-9. R. J. Forhes, "Food and drink", en Singer, op. cit., II (1956), 107, sugiere que un pasaje de Polibio, *Historias*, I, 22, ed. W. R. Patton (Londres, 1922), I, 60, se refiere tal vez a una mano de mortero suspendida de un muelle de vástago. Es más probable que esa mano de mortero fuese accionada por medio de una polea.

[262] *Infra*, pág. 175.

[263] Clemen, loc. cit.; en cuanto a la fecha, cf. 487.

[264] Delaporte, op. cit., I, lám. CXXXII.

[265] *Supra*, pág. 135, n. 259; Bib. Nat., MS. lat. 11560, fol. 84[r], en A. Laborde, op. cit., II, lám. CCCVIII, y L. Salzman, *English Industries in the Middle Ages* (Oxford, 1923), 172; en cuanto a la fecha, cf. *infra*, pág. 138, n. 275; cf. también A. Rieth, "Die Entwicklung der Drechseltechnik", *Archäologischer Anzeiger* (1940), 615-34; F. Spannagel, *Das Drechslerwerke*, 2ª ed. (Ravensburg, 1940), 16-17; K. Wittmann, *Die Entwicklung der Drehbank* (Berlín, 1941), 12. Una miniatura del año 1350 (aprox.), muestra un muelle de vástago utilizado sobre un mortero para preparar pólvora de cañón; cf. O. Guttman, *Monumenta pulveris pyrii* (Londres, 1906), lám. 48; cf. láms. 46, 49. Acerca del uso general de muelles o resortes en la Edad Media, cf. C. Roth, "Medieval illustrations of mouse-traps", *Bodleian Library Record*, V (1956), 244-51.

[266] F. M. Feldhaus, "Die Drehbank des Kaisers Maximilian", *Werkstattstechnik*, X (1917), 293-94.

manivela compuesta y volante[267], lo cual significaba una eficiencia mucho mayor al sustituir por el movimiento giratorio continuo los cambios de dirección del movimiento que implicaba el hecho de accionar el muelle y el pedal.

Aún más importante desde el punto de vista del creciente refinamiento del diseño mecánico fue el torno de hilar. Este dispositivo aparece hacia el año 1280 en Speyer, en un reglamento que permite utilizar en la trama el hilado hecho con torno, pero no así en la urdimbre de los tejidos[268], y en una prohibición de su uso dictada en Abbeville en 1288[269], al parecer debido a que el hilo no era lo bastante fuerte. Diversas formas de torno de hilar se emplean en toda Asia, y su origen se atribuye habitualmente a la India[270]. Sin embargo, hasta ahora no puede fecharse su aparición en la India ni en la China.

El torno de hilar es interesante desde el punto de vista mecánico, no sólo por ser el primer ejemplo de transmisión de fuerza motriz a correa y una muestra notablemente temprana del principio del volante, sino porque concentró la atención en el problema de producir y regular diversas velocidades en distintas partes movibles de una misma máquina. Una vuelta de la rueda grande hacía girar el huso varias veces; pero, no contentos con esto, más o menos alrededor del 1480[271] los artesanos habían ideado un volante en forma de U que giraba en torno del huso y que permitía efectuar simultáneamente la operación de hilar y la de arrollar el hilo en una bobina. Para lograr esto, el huso y el volante tenían que girar a distintas velocidades, accionado cada uno de ellos por una correa separada que provenía de la rueda grande, la cual, desde luego, daba vueltas a una tercera velocidad. Por último, hacia el

---

[267] *Codice atlantico*, fol. 381^{r}b; Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 150; en cuanto a la fecha, cf. C. Pedretti, *Studi vinciani* (Ginebra, 1957), 285.

[268] Ver pág. 187.

[269] A. Thierry, *Recueil des monuments inédits de l'histoire du tiers état: Région du Nord* (París, 1870), IV, 53: "que nus ne nule ne filent d'ore en avant à rouet".

[270] Por ej. por W. F. Parish, "Origin of textiles and the spinning wheel", *Rayon Textile Monthly*, XVI (1936), 570; R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, IV (Leiden, 1956), 156.

[271] *Mittelalterliches Hausbuch*, ed. cit., lám. 35. En la década de 1490, en el *Codice atlantico*, fols. 337^{v}, 377^{r}, 393^{r-v}, Leonardo dibuja bocetos de diversas formas de volante; cf. F. M. Feldhaus, "Die Spinnradzeichnungen von Leonardo da Vinci", *Melliand Textilberichte*, VII (1926), 469-70; sobre la fecha, cf. Pedretti, op. cit., 282, 285. Puede notarse que en G. Branca, *Le Machine* (Roma, 1629), fig. 20, aparece un dispositivo para hilar impulsado por energía hidráulica.

1524 se habían agregado al torno de hilar la manivela, la biela y el pedal [272].

Con todo, el estudio más notable de diferencias de velocidades se llevó a cabo con motivo de ese ingenioso proyecto medieval que fue el reloj mecánico. Según ya se ha mencionado, a los ingenieros del siglo XIII los fascinaba el problema de inventar un cronómetro accionado por la fuerza de la gravedad. La dificultad consistía en descubrir un escape, es decir, una manera de conseguir un flujo uniforme de energía a través del mecanismo. La historia anterior de la tecnología no ofrecía precedente alguno de tal intento, salvo mediante la circulación del agua, recurso poco satisfactorio en climas donde eran frecuentes las congelaciones.

Aun a fines del siglo XII era tan vasto el mercado de los relojes de agua, que allá por el año 1183 se menciona una guilda de relojeros en Colonia, y en 1220 ocupaban en esa ciudad toda una calle, la Urlogingasse[273]. Un tratado inédito del siglo XIII, escrito en Francia, nos informa cómo se fabricaba un reloj de tipo sencillo: una cuerda con un flotador en un extremo y un contrapeso en el otro, pasaba alrededor de un eje que hacía girar la esfera y accionaba la alarma[274].

Empero, la única ilustración que se conserva de un reloj occidental de agua en el siglo XIII (Fig. 10), y que probablemente es la reproducción de uno que se encontraba en el palacio real de París alrededor del año 1250, contiene suficientes detalles[275] como para inferir que esos

---

[272] W. Bom, "The spinning wheel", *Ciba Review*, III (1939), 997.

[273] E. Volckmann, *Alte Gewerbe und Gewerbegassen* (Würzburg, 1921), 129.

[274] Códice Vaticano lat. 5367; cf. E. Zinner, "Aus der Frühzeit der Räderuhr: von der Gewichtuhr zur Federzuguhr", *Deutsches Museum Abhandlungen und Berichte*, XXII, III (1954), 6). Puesto que todos esos dispositivos eran accionados por los pesos del flotante y del contrapeso, se trata, estrictamente hablando, de un peso impulsado. Pero en la historia de la cinemática aplicada importa distinguir entre esta clase de móvil basado en la gravedad y el que supone la existencia de un escape mecánico. Por esta razón el espectáculo de títeres del Templo de Baco de Herén, en que los muñecos son accionados por un peso que descansa sobre un recipiente desde el cual van cayendo semillas de mijo o de mostaza en vez de agua, debe considerarse como una ligera variante del aparato hidráulico y no como el antepasado del verdadero sistema de impulso mediante pesas; cf. *Heronis opera*, ed. W. Schmidt (Leipzig, 1899), I, 381, fig. 86.

[275] Oxford, *Biblioteca Bodleiana*, MS. 270b, fol. 183^{v}; cf. C. B. Drover, "A medieval monastic water-clock", *Antiquarian Horology*, 1 (1954), 54-59. Dado que el manuscrito fue preparado bajo el auspicio de la familia real francesa, y como esa miniatura ilustra el sueño del rey Ezequías, probablemente el reloj que ahí se ve no era monástico sino que más bien se inspiré en un reloj existente en el palacio de París. Acerca de esta miniatura y del manuscrito, cf. A. de Laborde, *La Bible moralisée* (París, 1911-27), I, lám. 183; V, p. 181. *Bibliothèque Nationale: Les Manuscrits à peintures en France du XIII^{e} au XVI^{e} siècle* (París, 1955), 10, Nº 6, lo fecha alrededor de 1250.

mecanismos eran tal vez muy complicados y que incluían ruedas dentadas.

Se trata de un gran reloj de cámara, esencialmente un aparato que hace sonar las horas y carece de esfera. Se halla montado en una caja del tipo de la que Villard de Honnecourt nos muestra en su cuaderno de apuntes hacia el 1235[276]. Su particularidad más llamativa es una rueda compuesta de quince conos metálicos. Puesto que la *hora equalis* correspondía a quince grados del círculo equinoccial, la división arbitraria de esta rueda en quince partes es un probable indicio de que daba una vuelta entera cada hora. Los orificios que se observan entre los conos bien pueden ser esquemáticos y no visualmente realistas. Sin duda alguna, en la realidad iban de cono a cono, y no de un lado a otro de la rueda. Ello permitiría que el agua cayera lentamente de un cono a otro, frenando así la rotación del eje, cuyo impulso proviene, al parecer, de una pesa que pende de una cuerda enrollada en torno del eje: una estructura similar corresponde a un reloj del palacio de Alfonso X de Castilla, no posterior al año 1277[277], en el cual se utiliza mercurio en vez de agua. Detrás de la rueda de frenado, y montada en el mismo eje, o bien en otro adosado a éste, hay una rueda dentada grande, aparentemente destinada a regular el mecanismo que hacía sonar las campanillas. A la izquierda del reloj se halla una rueda de paletas, en forma de turbina, probablemente un escape tipo ventilador encargado de retardar, por medio de la fricción de aire, la acción del juego de campanillas al dar las horas[278].

Este no es un reloj corriente. Si es correcta la anterior interpretación de su mecanismo, significa que hacia el 1250 tenemos el primer caso de impulso mediante pesas en una máquina distinta del trabuco; la segunda muestra es el reloj de Alfonso X, que data de un cuarto de siglo después y se relaciona estrechamente con el anterior. Al menos en el

---

[276] Ed. Hahnloser, lám. 12.

[277] *Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso de Castilla*, ed. M. Rico y Sinobas (Madrid, 1886), IV, 87-76. Esta sección fue escrita por Isaac ben Sid de Toledo entre 1252 y 1277; cf. A. Wegener, "Die astronomische Werke Alfons X", *Bibliotheca mathematica*, VI (1905). 163; E. Wiedemann y F. Hauser, "Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur", *Nova acta*, C. V. (1915), 19; F. M. Feldhaus, "Die Uhren des Königs Alfonso X von Spanien", *Deutsche Uhrmacher-Zeitung*, LIV (1930), 608-12; E. S. Procter. "The scientific works of the court of Alfonso X of Castile", *Modern Language Review*, XL (1945), 12-29.

[278] Una forma similar se observa en las paletas del escape tipo ventilador del reloj de Dover Castle; cf. Feldhaus, *Technik der Vorzeit*, fig. 776; pero su fecha es muy dudosa; cf. A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª. ed. (Cambridge, Mass., 1954), 197.

estado actual de las pruebas, el impulso por medio de pesas parece haber sido una innovación occidental. Indudablemente, el reloj del palacio real de San Luis, al igual que el del palacio del rey de Castilla, fue fabricado como una versión más modesta del extraordinario reloj astronómico que el sultán de Damasco obsequió en 1232 a Federico II de Hohenstaufen y del cual el Emperador se sentía desmedidamente ufano[279], "in quo ymagines solis et lune artificialiter mote cursum suum certis et debitis spaciis peragrant et horas diei et noctis infallibiliter indicant"[280]. Pero en el reloj del emperador Federico no hay indicio alguno de un impulso mediante pesas, distinto de los contrapesos utilizados para reforzar la acción de los flotadores; tampoco aparece en el libro de Ridwān, de 1203, donde se describen las reparaciones y mejoras que el padre del autor introdujo a fines del siglo XII en el monumental reloj astronómico fabricado en Damasco[281].

Con todo, los técnicos europeos no se contentaron con el progreso que significaba el reloj de agua de San Luis: querían un cronómetro puramente mecánico[282]. Por fortuna, poseemos un tratado escrito en 1271 por Roberto el Inglés, que testimonia no solamente los intentos y los fracasos de aquéllos, sino también las ideas claras con que encaraban lo que se proponían hacer[283]. Roberto dice que, si bien ningún reloj es astronómicamente preciso, "sin embargo los relojeros tratan de hacer una rueda, o un disco, que se mueva exactamente en la forma en que se mueve el círculo equinoccial; pero no pueden en absoluto tener

---

279 Cf. Conrado de Fabaria, *Casus Sancti Galli*, en *MGH, Scriptores*, II (1879), 178.

280 *Chronica regia Coloniense, continuatio* IV, ed. G. Waitz en *MGH, Scriptores rer. Germ. in usum scholarum*, XII (1880), 263. La descripción de Tritemio, citada por J. Beckmann, *History of inventions* (Londres, 1846), I, 350, n. 1, se basa manifiestamente en la Crónica de Colonia, pero con adornos agregados por la fantasía.

281 Wiedemann y Hauser, op. cit., 176-266; Sarton, *Introduction*, II, 632; Usher, op. cit., 191, fig. 55; cf. L. A. Mayer, *Islamic Astrolabists and their Works* (Ginebra, 1956), 62, donde habla del padre de Ridwān. E. Schmeller, "Beitrage zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabern", *Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissen.schaften und der Medizin*, VI (1932), 10-11, hablando de los sarracenos nos informa acerca de una cadena de cangilones para elevar agua, que era impulsada por dos pesas de plomo y tenía engranajes. Sin embargo, como no se menciona la existencia de ningún escape, resulta difícil imaginar de qué manera funcionaría ese aparato, a menos que las pesas de plomo y el peso del agua que se elevaba estuviesen muy delicadamente equilibrados. Si bien este aparejo forma parte de un grupo de rubros tecnológicos asociados con las obras de Ridwān, no puede ser fechado con exactitud; cf. *infra*, pág. 148, n. 332.

282 Ver pág. 186

283 L. Thorndike, "Invention of the mechanical clock about 1271 A.D.", *Speculum*, XVI (1941), 242-43; también su *Sphere of Sacrobosco and its Commentators* (Chicago, 1949), 180; y "Robertus Anglicus", *Isis*, XXXIV (1943), 467-69.

éxito (*sed non possunt omnino complere opus eorum*). Si pudieran lograrlo, llegarían a tener un reloj realmente exacto, más valioso que el astrolabio o que cualquier otro instrumento utilizado para marcar las horas." Explica luego cómo proceden en sus tanteos: se monta una rueda sobre un eje, de modo que su equilibrio rotacional sea uniforme; luego se suspende del eje una pesa de plomo de tal suerte que la rueda gire una vez entre la salida y la puesta del Sol. En cuanto al escape, en 1271 seguía siendo un problema aún no resuelto.

La línea principal del progreso está dada no sólo por la importancia que Roberto asigna al aspecto astronómico, sino también por el hecho de que el reloj a mercurio del rey Alfonso X tenía un astrolabio como esfera [284]. La mayoría de los primeros relojes, más que cronómetros eran representaciones de la configuración del cosmos. Desde la época de Arquímedes venían fabricándose modelos mecánicos de las órbitas planetarias[285]; existe cierta continuidad entre los de la Antigüedad y el planetario que le fue obsequiado a Federico II en 1232. Del siglo I antes de Cristo nos han llegado fragmentos de un mecanismo de este tipo en el que intervienen muy complicados engranajes[286]. En tiempos de Ptolomeo, a este aparato se lo relacionaba con el astrolabio y se iba convirtiendo en un dispositivo para la medición del tiempo[287]. Al-Biruni (muerto en el 1048) menciona un mecanismo de engranajes intrincados que mostraba las fases de la Luna[288], si bien ya al-Bāttani (muerto en el 929) nos había dejado el diagrama de un astrolabio con engranajes de cierto refinamiento[289]. Se conserva una muestra proveniente de Ispahán, cuya fecha se ubica en 1221-22.[290]

---

[284] *Supra*, pág. 138, n. 277.

[285] Las pruebas han sido sintetizadas por E. Zinner, "Entstehung und Ausbreitung der Copemicanischen Lehre", *Sitzungsberichte der Physikatisch-medizinischen Sozietat zu Erlangen*, LXXIV (1943), 48-49. Mecanismos de este tino eran conocidos desde temprana época en China y alcanzaron su apogeo en el año 1088 d. C.; cf. J. Needham, Wang Ling, y D. J. Price, "Chinese astronomical clockwork", *Nature*, CLXX VII (1956), 600-02.

[286] *Supra*, pág. 97, n. 5.

[287] A. G. Drachmann, "The plane astrolabe and the anaphoric crock", *Centaurus*, III (1954), 183-89; cf. también O. Neugebauer, "The early history of the astrolabe", *Isis*, XL (1949), 240-56.

[288] E. Wiedemann, "Ein Instrument das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt nach al-Bīrūnī", *Der Islam*, IV (1913), 5-13.

[289] Price, en *Horological Journal*, 29, fig. 4.

[290] Price, op. cit., figs. 2, 3; Mayer, op. cit., 59; R. T. Gunther, *Astrolabes of the World* (Oxford, 1932), I, 118-20, láms. XXV-XXVI.

La probabilidad de que los astrolabios hayan continuado en uso en el Occidente latino durante la Alta Edad Media se funda en la clasificación de todos los astrolabios en dos familias, una musulmana oriental y otra occidental, que incluye muestras correspondientes a la España musulmana. La variedad occidental tiene un círculo zodiacal y funciona de acuerdo con el calendario juliano[291], que carece de sentido si se piensa en los meses lunares del Islam. Además, la división de las horas en las *alidadas* hispano-musulmanas evidencia origen cristiano o influencia cristiana[292]. Es indudable que los sarracenos encontraron astrolabios en uso cuando conquistaron la España visigoda en el siglo VIII y no siguieron la tendencia islámica oriental en el sentido de adaptar ese instrumento al calendario lunar.

El astrolabio latino más antiguo que ha llegado hasta nosotros es de fabricación inglesa y proviene de fines del siglo XII[293]. Hacia el 1300 se fabricaban en Francia astrolabios admirablemente montados[294]. Es evidente que los orígenes del reloj mecánico residen en un complejo campo de monumentales planetarios, ecuatoriales[295] y astrolabios de engranaje[296]. A fines del siglo XIII los eruditos no sólo teorizaban acerca de estos artefactos, sino que a veces los fabricaban con sus propias manos: en 1274 el famoso Henry Bate de Malinas se jacta de un astrolabio que "manu complevi propria"[297]. El más claro, indicio de que muchos inventores trabajaban en el problema de un escape mecánico lo da la aparición en rápida secuencia de dos soluciones al respecto: la

---

[291] H. Michel, "Un astrolabe latin du XII^e siècle", *Ciel et terre*, LXIV (1948), 73-74. Acerca de las dificultades para la datación, cf. E. Poulle, "Peut-on dater les astrolabes médiévaux?", *Revue d'histoire des sciences*, IX (1956), 301-22.

[292] E. Zunner, "Über die früheste Form des Astrolabs", *Bericht der Naturforschende Gesellschft*, Bamberg, XXX (1947), 18.

[293] Michel, op. cit., 73-79.

[294] Price, op. cit., figs. 5, 6; también su "The prehistory of the clock", *Discovery*, XVII (1956), 155, fig. 2

[295] Cf. *The Equatorie of the Planetis*, ed. D. J. Price (Cambridge, 1955), 119-30.

[296] E. Poulle, "L'Astrolabe médiéval d'après les manuscrits de la Bibliothèque Nationale", *Bibliothèque de l'Ecole des Chartes*, CXII (1954), 99, pone de relieve el gran interés por el astrolabio y su evolución a fines del siglo XIII, como una preparación para los notables avances astronómicos del siglo XIV, acerca de los cuales cf. L. Thorndike, "Pre-Copernican astronomical activity", *Proceedings of the American Philosophical Society*, XCIV (1950), 321-26.

[297] R. Levy, "The authorship of a Latin treatise on the astrolabe", *Speculum*, XVII (1942), 569; cf. E. Poulle, "La Fabrication des astrolabes au moyen âge", *Techniques et civilisations*, IV (1955), 117-28.

barra oscilante Foliot, al Norte de los Alpes, y la rueda oscilante en Italia[298]. Sin embargo, tal vez nunca conozcamos la fecha exacta en que se concretó el descubrimiento. Así como los orígenes de la artillería basada en la pólvora se hallan oscurecidos por la similitud visual y verbal del cañón con el fuego griego lanzado desde tubos, así también la asimilación de todo el vocabulario del reloj de agua[299] por el reloj mecánico posterior, y el hecho de que en algunos grandes relojes de agua se utilizasen cadenas de engranajes[300] han perturbado irremediablemente nuestra capacidad para evaluar los testimonios correspondientes a ese período decisivo, o sea los comienzos del siglo XIV[301]. No obstante, se sabe con certeza que los relojes mecánicos impulsados por pesas eran muy conocidos en 1341, año en que una crónica milanesa nos habla de que, basándose en la analogía con esos relojes, y después de muchas pruebas, los técnicos del lugar habían construido molinos accionados mediante pesas para la molienda de granos[302].

De pronto, hacia mediados del siglo XIV el reloj mecánico cautivó la imaginación de nuestros antepasados. Algo del orgullo cívico que anteriormente se había exteriorizado en la construcción de catedrales se volcó ahora en la fabricación de relojes astronómicos de asombroso refinamiento y complicación. Ninguna comunidad europea se sentía capaz de mantener alta la cabeza si dentro de ella los planetas no se movían en ciclos y epiciclos, mientras los ángeles hacían sonar las

---

[298] Cf. E. Zinner, *Die ältesten Räderuhren* (Bamberg, 1939), 26; Usher, op. cit., 200, figs. 58-59.

[299] Cf. espec. P. Sheridan, "Les Inscriptions sur ardoise de l'Abbaye de Villers", Annales *de la Société d'Archéologie de Bruxelles*, X (1896), 203-15, 404-51.

[300] *Supra*, pág. 137. Los eruditos especializados en Dante han supuesto erróneamente que el poeta (muerto en 1319) se refiere tres veces a relojes mecánicos, puesto que habla de engranajes en relojes; cf. G. Boffito, "Dove e quando potè Dante vedere gli orologi meccanici che descrive in Par. X, 139; XXIV, 13; XXXIII, 144?", *Giornale dantesco*, XXXIX (1938), 45-61.

[301] Usher, op. cit., 196, seguido por W. C. Watson, "Fourteenth century clocks still in existence", *American Journal of Physics*, XXIV (1956), 209, llega a la conclusión de que la primera prueba de la existencia de un reloj mecánico corresponde a Milán en 1335, con bastante probabilidad a Módena en 1343, a Padua en 1344 y a Monza en 1347; pero en ningún caso se tiene verdadera certeza. El primer caso fuera de Italia fue probablemente el reloj de Estrasburgo, en 1352.

[302] Gualvaneo de la Flamma, *De gestis Azonis vicecomitis*, ed. L. A. Muratori, *Rerum italicarum .scriptores*, XII (Milán, 1728), 1038: "adinvenerunt facere molendina, quae non aqua aut vento circumferuntur, sed por pondera contra pondera sicut fieri solet in horologiis. Et sunt ibi rotae multae, et non est opus, nisi unius pueri, el moliunt continue quatuor modios tritici, molitura optima nimis. Nec unquam in Italia tali opus fuit adinventum, licet per multos exquisitum."

trompetas, los gallos cantaban y los apóstoles, reyes y profetas marchaban y contramarchaban al ruidoso son de las horas[303].

No sólo por su diversidad, sus dimensiones y su amplia difusión se diferenciaron estos autómatas de los de épocas anteriores. Aun cuando muchos de ellos se hallaban instalados en iglesias, les faltaba ese elemento de engaño piadoso que se observaba en las figuras de los templos helenísticos. Si bien muchos servían de adorno de ayuntamientos o palacios, la intención a que respondían distaba mucho de la finalidad política de los autómatas bizantinos, o sea, según los describe en el siglo X Liutprando de Cremona[304], la de encarecer el temor reverente al emperador. Estos nuevos relojes mecánicos de gran tamaño eran presentados lisa y llanamente como maravillas mecánicas, y el público se deleitaba contemplándolos así[305]. Esto denota de por sí una modificación de los valores en la sociedad europea.

Pero a pesar de tratarse de juguetes gigantescos, estos relojes eran mucho más que juguetes: eran símbolos que reflejaban las más íntimas tendencias de la época, a menudo no expresadas en palabras. Por los años 1319-20 surgió una nueva teoría de la fuerza impulsora, una teoría de transición entre la de Aristóteles y la del movimiento inercial de Newton[306]. De acuerdo con la concepción más antigua, nada se movía a menos que no fuera impulsado constantemente por una fuerza externa. Según la nueva teoría física, las cosas se mantenían en movimiento por la acción de fuerzas impresas originariamente en ellas (*vis impressa*). Además, la regularidad, las relaciones matemáticamente predecibles y los hechos cuantitativamente mensurables resaltaban con mayor claridad en la imagen que los hombres se forjaban del universo[307]. Y el gran reloj, en parte debido a su inexorabilidad tan traviesamente enmascarada y a su mecanismo tan humanizado por sus extravagancias, proporcionaba esa imagen. En las obras del gran eclesiástico y matemático Nicole Oresme, que murió en 1382 siendo

---

[303] La más completa lista y descripción de estos relojes es la que da A. Ungerer, *Les Horloges astronomiqes et monumentales les plus remarquables de l'antiquité jusqu'à nos jours* (Paris, 1931). Sin embargo, carece de documentacion concreta y se apoya, en una medida que resulta sospechosa, en correspondencia con antiuarios locales

[304] *Antapodosis*, VI, 5, tr. F. A. Wright (Londres, 1930), 207-08.

[305] Ver pág. 187

[306] Ver pág. 187.

[307] L. Mumford, *Technics and Civilization* (Nueva York, 1934), 12-18.

obispo de Lisieux, encontramos por vez primera la alegoría del universo como un vasto reloj mecánico creado y puesto en marcha por Dios de suerte que "todas las ruedas se mueven tan armoniosamente como es posible"[308]. Este concepto tenía un futuro: con el correr del tiempo la alegoría se convertiría en una metafísica. En 1348 un distinguido médico y astrónomo, Giovanni de'Dondi, empezó a trabajar con sus propias manos en la construcción de un reloj que tardó dieciséis años en terminar[309]. Cuando lo hubo concluido, en el año 1364, Giovanni compuso un tratado que lo describía, profusamente ilustrado con diagramas. A pesar de que se conservan seis manuscritos de esa obra [310], este monumento de la historia de la mecánica nunca fue publicado. El reloj de Giovanni era sólo incidentalmente un instrumento de medición del tiempo: abarcaba las trayectorias celestes del Sol, la Luna y los cinco planetas, y suministraba un calendario perpetuo de todas las fiestas religiosas, tanto fijas como movibles. Su sentido de la interrelación de las piezas móviles evidenciaba la presencia de un genio: para tener en cuenta las órbitas elípticas de la Luna y de Mercurio (tal como lo requería el sistema de Ptolomeo), fabricó engranajes elípticos, y de igual manera previó lo referente a las irregularidades observadas en la órbita de Venus[311]. En cuanto a complejidad y refinamiento, el engranaje de Giovanni representa un enorme avance con respecto a todo lo que sobrevive de la tecnología anterior, incluso los fragmentos del planetario helénico encontrados en el Mar Egeo[312]. En este aspecto del diseño mecánico el siglo XIV marca una época. A decir verdad, no parece que durante los dos siglos posteriores se haya registrado

---

[308] Ver pág. 187.

[309] Así nos informa hacia el 1389 su amigo Felipe de Mézières; cf. Abate Lebeuf, "Notice des ouvrages de Philippe de Maizieres", *Histoire de l'Académie Royale des Inscriptions et Belleslettres*, XVI (1751), 228; D. M. Bell, *Etude sur Le Songe du vieil pèlerin de Philippe de Mézières* (Ginebra, 1955), 116-17.

[310] H. A. Lloyd, *Giovanni de' Dondi's horological masterpiece*, 1364 (Hookwood, Limpsfield, Oxted, Surrey, 1956), I, los enumera; cf. L. Thorndike, "Milan manuscripts of Giovanni de' Dondi's Astronomical Clock y Jacopo de' Dondi's discussion of tides", *Archeion*. XVIII (1936), 308-17, y su *History of Magic and Experimental Science*, III, 386-92; G. Baillie, "Giovanni de' Dondi and his planetarium clock of 1364", *Horological Journal*, LXXVI (1934), abril, 472-76; mayo, 8-12; junio, 39-43; resumido por A. Simoni, "Giovanni de' Dondi e il sun orologio dei pianeti", *La Clessidra*, VIII (f eb. 1952), 3-12; Usher, op. cit., 198-200.

[311] Lloyd, op. cit., figs. 14-17. Poco después de 1500 Leonardo de Vinci, según parece, esbozó el engranaje para Venus en este reloj; cf. D. J. Price, "Leonardo da Vinci and the clock of Giovanni de' Dondi", *Antiquarium Horology*, II (1958), 127-28.

[312] Su pie, pág. 97, n. 5.

progreso alguno en el diseño de relojes movidos por la gravedad, pues en 1529, cuando el emperador Carlos V visitó Pavía y se mostró maravillado ante el reloj de Giovanni, que en ese momento estaba descompuesto, no pudo encontrar más que un solo técnico, Giovanni Torriani, capaz de repararlo[313].

Con todo, poco después de la época de Giovanni de'Dondi, los relojeros avanzaron rápidamente hacia conquistas técnicas de otra índole. En 1377 Carlos V de Francia poseía un *orloge portative*:[314] de hecho, es posible que sólo fuese un reloj corriente en miniatura. Pero ya hemos visto que desde mediados del siglo XIII los técnicos se interesaron por los resortes como elementos de máquinas automáticas, y desde la época de la primitiva trampera de resorte se daba por entendido que un resorte almacena energía. Más o menos hacia el 1400 el resorte en espiral aparece en las cerraduras[315], desde donde se lo traspasó a los cerrojos de los fusiles de chispa en la segunda mitad del siglo XV[316]. La muestra más antigua que se conserva de un cronómetro de resorte es un magnífico reloj de cámara fabricado alrededor de 1430 para Felipe el Bueno, duque de Borgoña[317]. Aun los escépticos que temen que el mecanismo de este reloj pueda no ser el original, admiten que se empleaban resortes en los relojes hacia 1440-50, época en que se ve un reloj de este tipo en un cuadro borgoñón[318]. Además, en 1459 el rey de Francia compró un «demi orloge doré de fin or sans contrepoix»[319]. En una carta del 19 de julio de 1488, que se conserva en el Archivo de Módena, aparece una maravilla: Ludovico Sforza ha encargado tres trajes complicados para él, para su esposa y para Galeazzo de San Severino, adornado cada uno con un reloj colgante; dos de ellos debían

---

313 Lloyd, op. cit., 23. Acerca de Torriani, cf. T. Beck, *Beitrage zur Geschichte des Maschinenbaues* (Berlín, 1899), 365-90.

314 J. D. Robertson, Evolution of Clockwork (Londres, 1931), 44.

315 Feldhaus, Technik dei Vorzeit, 289.

316 M. Thierbach, "Über die Entwicklung des Steinschlosses", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, III (1902-05), 305-11; F. M. Feldhaus, "Das Radschloss bei Leonardo da Vinci", ibid., IV (1906-08), 153-54.

317 Ver pág. 187.

318 Lloyd, loc. cit., Singer, op. cit., III (1957), lám. 32b.

319 L. Reverchon, *Petite histoire d'horlogerie* (Besançon, 1935), 67.

hacer sonar las horas[320]. El reloj había llegado al cuello humano, si no ya a la muñeca.

Pero el impulso de resorte en relojes pequeños y grandes planteaba una serie totalmente nueva de problemas relacionados con el escape: evidentemente, ni el Foliot ni el volante podían funcionar bien con el movimiento y las sacudidas de un reloj portátil; pero igualmente importante era el hecho de que, mientras una pesa ejercía la misma fuerza en todo momento, un resorte perdía energía a medida que se desenrollaba. Por lo tanto, se requería un escape que compensase exactamente esa gradual disminución de su fuerza impulsora.

El mundo de los hombres de formación humanista no se halla capacitado para apreciar la estética de la especialidad artesanal. Pero no es posible contemplar las soluciones a que para esas dos dificultades arribaron los técnicos del siglo XV, sin sentir la emoción que debe despertar cualquier gran hazaña. Una muestra de la intensidad y el ingenio del esfuerzo empeñado la da el hecho de que una vez más, como en el caso de los escapes del reloj de pesas, surgieron dos dispositivos: la rueda excéntrica y el caracol o husillo (*fusée*).

La rueda excéntrica no puede todavía documentarse concretamente en fecha anterior a un reloj que data del 1535 (aprox.)[321]; pero por tratarse de un dispositivo ligeramente menos satisfactorio que el caracol, es posible que haya precedido a este último. La rueda excéntrica[322] consta de dos partes: en primer lugar, un excéntrico de disco en forma de caracol, montado sobre una rueda engranada al eje del muelle real; y segundo, un resorte largo y tenso, arqueado, asegurado firmemente por un extremo, en tanto que el otro extremo ejerce presión de freno sobre la parte más grande del excéntrico cuando el muelle real está tenso, o bien sobre los diámetros menores del excéntrico cuando el muelle real se afloja. Así, pues, el muelle real tiene que vencer la fricción de frenado

---

320 E. Morpurgo, "L'Orologio da petto prima del Henlein", La *Clessidra*, VIII (agosto, 1952), 5: los trajes son "ad una Liverea, che è un orologio da sonare hore cum li soi Campanini, excepto che in quella del perfacto S. Lodovico". Zunner, op. cit., 20-21, piensa, sin motivos suficientes, que no se trataba de relojes colgantes sino sólo de relojes portátiles.

321 F. J. Britten, *Old Clocks and Watches and their Makers*, 2ª ed. (Londres, 1904), 134, figs. 130-34; E. Hillary, "The first 100 years of watchmaking", *Horological Journal*, XCVII (1955), 40. Hacia 1530 ya se había encarado, si no llevado a la práctica, el uso de relojes de resorte para cerciorarse de la posición náutica; cf. A. Pogo, "Gemma Frisius, his method of determining longitude by transporting timepieces", *Isis*, XXII (1935), 469-85.

322 Dibujos tanto de la rueda excéntrica como del caracol pueden verse en Usher, op. cit., fig. 113, y Singer, op. cit., III (1957), figs. 392, 394.

del resorte de la rueda excéntrica, además de mover el mecanismo. Por último, a medida que el reloj se va parando, un pequeño rodillo insertado en el extremo libre del resorte de la rueda excéntrica se desliza hasta alojarse en la muesca del excéntrico, y en esta posición el resorte de la rueda excéntrica ayuda al muelle real debilitado a funcionar normalmente.

El caracol fue un invento aun más asombroso; por cierto, de él ha dicho uno de los más destacados historiadores de la relojería: "En la mecánica tal vez ningún otro problema ha sido resuelto de manera tan sencilla y tan perfecta"[323]. Se lo encuentra en el reloj de muelle más antiguo que ha llegado hasta nosotros, el de 1430 (aprox.), y tenemos de él un dibujo que data del año 1477[324]. El caracol equilibra la fuerza cambiante del muelle real mediante un freno de tripa o una cadena fina que gradualmente se arrolla en espiral alrededor de un eje cónico; la fuerza del freno depende de la acción de palanca del diámetro del cono en un punto o momento determinado. Es un dispositivo de gran elegancia mecánica. Pero el origen de esta idea no se debe a los fabricantes de relojes: es algo típico de la interdependencia de todos los aspectos de la tecnología que aquéllos tomaron de los ingenieros militares. En el *Bellifortis* de Kyeser, aproximadamente del año 1405[325], encontramos este eje cónico en aparatos destinados a extender ballestas pesadas. Con humor muy medieval, a esta máquina se la llamó "la virgen", presumiblemente porque ofrecía menos resistencia cuando el arco estaba flojo y más cuando estaba tenso.

En los últimos años del siglo XV Europa contaba no sólo con fuentes de energía mucho más diversificadas que las conocidas en cualquier otra cultura anterior, sino también con un arsenal de medios técnicos para apresar, guiar y utilizar esas energías, que era inmensamente más variado y capaz que el de cualquier otro pueblo del pasado, o que el conocido por cualquier sociedad contemporánea del Viejo o del Nuevo Mundo[326]. La expansión de Europa a partir de 1492 en adelante se basó notablemente en el alto consumo europeo de energía, con la

---

[323] G. Baillie, *Watches* (Londres, 1929), 85.

[324] Zinner, op. cit., 19, fig. 3; Singer, op. cit., III, fig. 392.

[325] *Bellifortis*, fol. 76v; cf. *supra*, pág. 129, n. 214; F. M. Feldhaus, "Über den Ursprung von Federzug und Schnecke", *Deutsche Urmacher-Zeitung*, LIV (1930), 720-22.

[326] Ver pág. 188.

consiguiente productividad, gravitación económica y poderío militar[327]. Pero la fuerza mecánica carece de sentido independientemente de los mecanismos que la dominan. Probablemente a partir del batán de 983, a orillas del Serchio, en los siglos XI y XII se aplicó la leva a una gran variedad de operaciones. En el siglo XIII fueron inventados el resorte y el pedal; en el siglo XIV evolucionaron los engranajes hasta un nivel de increíble complejidad; el siglo XV, al perfeccionar la manivela, la biela y el regulador, facilitó enormemente la conversión del movimiento de vaivén en movimiento rotativo continuo. Si se piensa en el tempo generalmente lento de la historia humana, esta revolución en el diseño de máquinas se produjo con sorprendente rapidez. A decir verdad, los cuatro siglos que siguieron a Leonardo, o sea hasta que la energía eléctrica exigió un conjunto complementario de dispositivos, en el orden tecnológico no se dedicaron tanto a descubrir principios básicos como a perfeccionar y refinar los ya establecidos durante los cuatro siglos anteriores al mismo Leonardo.

3
El concepto de una tecnología de la energía

¿Sabían los técnicos de la Baja Edad Media lo que hacían? Evidentemente se realizó un esfuerzo vigoroso y hasta temerario en procura de la innovación[328]; pero ¿se trataba de un esfuerzo orientado por otros conceptos más amplios?

El síntoma de la aparición de una consciente y general ansiedad por dominar la energía natural y aplicarla a fines humanos es la entusiasta adopción por la Europa del siglo XIII de una idea que se había originado

---

[327] Hacia el año 1444 Bessarión escribía a Constantino Paleólogo, déspota de Morea y la más firme esperanza del resurgimiento de Grecia contra los turcos, instándolo a enviar jóvenes a Italia para que aprendiesen las artes prácticas. Se mostraba impresionado no sólo por los tejidos y objetos de vidrio, armas, barcos y metalurgia más avanzados: habla más en particular de la utilización de la energía hidráulica para eliminar el trabajo manual, por ejemplo al aserrar maderas y al accionar los fuelles de los hornos; cf. A. G. Keller, "A Byzantine admirer of 'Western' progress: Cardinal Bessarion", *Cambridge Historical Journal*, XI (1955), 343-48.

[328] Por ejemplo, en 1322 un tal "Teothonicus ingenerius", de Venecia, se ofreció para fabricar un nuevo tipo de molino destinado a la molienda de granos, y para someterlo al Gran Consejo en carácter de prueba; cf. H. Simonsfeld, *Der Fondaco dei Tedeschi in Venedig* (Stuttgart, 1887), II, 292. Esta conciencia del cambio condujo al nacimiento de la moderna historiografía de la tecnología hacia el 1350 con la obra de Guillermo Pastrengo, *De originibus rerum*, impresa en Venecia en 1547. Acerca de la evolución de este tipo de escritos a lo largo del siglo XVI, cf. E. Zilsel, *Die Entstehung des Geniebegriffes* (Tubinga, 1926), 130-34.

en la India del siglo XII: el movimiento perpetuo[329]. Más o menos en 1150 el gran astrónomo y matemático hindú Bhāskarā dice en su Siddhānta Śiromaṇi[330]: "Haz una rueda de madera liviana y ponen su circunferencia varillas huecas que tengan todas ellas perforaciones del mismo diámetro, y procura que estén colocadas a igual distancia una de otra; y haz también que todas estén puestas en un ángulo que se acerque un tanto a la perpendicular; luego llena de mercurio hasta la mitad esas varillas huecas: la rueda así preparada, si se la pone sobre un eje sostenido por dos postes, girará por sí misma". Y también dice: "O bien cava una canaleta en la llanta de una rueda; después, pegando con cera hojas del árbol *tála* sobre la canaleta, llena la mitad de ésta con agua y la otra mitad con mercurio hasta que el agua empiece a salir, y entonces cierra herméticamente el orificio que quedó abierto para llenar la rueda. Esta rueda girará entonces por sí misma, impulsada en su rotación por el agua."

En la India la idea del movimiento perpetuo armonizaba plenamente con el concepto hindú de la naturaleza cíclica y de suyo perpetua de todas las cosas[331], y tal vez tenía sus raíces en este concepto. Casi inmediatamente fue recogida por el Islam, donde contribuyó a dar mayor vuelo a la tradición de los autómatas. Un tratado árabe de fecha incierta [332], pero cuyos manuscritos parecen vincularse con las obras de Riḍwān (año 1200, aprox.), contiene seis *perpetua mobilia*, todos accionados por la fuerza gravitacional. Uno de ellos es idéntico a la rueda de mercurio

---

329 Véase pág. 188.

330 *Bibliotheca indica*, XXXII: *Hindu astronomy: Siddhānta Śiromaṇi* , tr. L. Wilkinson (Calcuta, 1861), 227-28; cf. M. Winternitz, *Geschichte der indischen Literatur*, III (Leipzig, 1920), 564. El texto menciona otras disquisiciones sobre el movimiento perpetuo por Lalla y otros astrónomos, pero no he encontrado rastros de ellas; cf. A. K. Ganguly, "Bhāskarāya's references to previous teachers", *Bulletin of the Calcutta Mathematical Society*, XVIII (1927), 65-76.

331 La sugerencia de J. Needham, L. Wang y D. j. Price, *Heavenly Clockwork: the Great Astronomical Clocks of Medieval China* (Cambridge, 1959), 55, 73, n. 2, 192, de que el concepto de movimiento perpetuo puede haberse originado en la cándida contemplación de los fascinantes relojes hidráulicos chinos, cuyo motor se hallaba oculto, no puede ser aceptada por dos razones: primera, no existen actualmente pruebas de que haya sido conocida en China la idea del movimiento perpetuo; segunda, no hay indicios de que hubiesen llegado noticias de tales relojes a la India, país donde surgió de hecho aquella idea.

332 Los manuscritos son: Gotha Nº 1348; Leiden Nº 1414; Cod. 499 Warner; Oxford, cod. arab. 954; y Estambul, Santa Sofía Nº 2755. B. Carra de Vaux en *Bibliotheca rnathematica*, 3ª serie, I (1900), 29-34, y *Notices et extraits des manuscrits de la Bihliothèque Nationale*, XXXVIII (1903), 29, n. 1, 30, n. 1, considera a ese tratado como "de una época muy tardía". E. Wiedemann, en *Erlangen Sitzungsberichte*, XXXVII (1905), 231, adjudica el tratado a Ridwan, pero ibíd., XXXVIII (1906), 13, lo menciona como de autor dudoso. H. Schmeller, en *Abhandtungen zur Geschichte der Naturschaften und der Medizin*, VI (1922), 16-23, muestra incertidumbre en cuanto a la fecha o al autor.

de Bhāskarā con varillas inclinadas[333], en tanto que otros dos[334] son idénticos a los dos primeros dispositivos de movimiento perpetuo que aparecieron en Europa (hacia el 1235): las ruedas de martillos oscilantes y de tubos de mercurio oscilantes, de Villard de Honnecourt."[335] En una obra latina anónima de fines del siglo XIV[336] encontramos una máquina de movimiento perpetuo muy parecida a la de la segunda idea de Bhāskarā, la de una rueda con mercurio en
la llanta. Además, un *perpetuum mobile* de varillas radiales articuladas que figura en un tratado árabe[337] reaparece alrededor del 1440 en el cuaderno de apuntes de Mariano di Jacopo Taccola[338]. Así, pues, si bien no existen constancias de que esta colección árabe en particular fuese conocida en la Europa latina, podemos estar seguros de que hacia el 1200 el Islam sirvió de intermediario para la transmisión a Europa del concepto hindú del movimiento perpetuo, así como por esa misma época transmitió los números y las estimas de posición hindúes: el *Liber abaci* de Leonardo de Pisa apareció en 1202.

Para los hindúes el propio universo era una máquina en perpetuo movimiento y no había aparentemente nada de absurdo en la idea de un interminable y espontáneo flujo de energía. Bhāskarā habla del sifón como si se tratase de un mecanismo de movimiento perpetuo[339], y su imitador europeo del siglo XIV insiste en que su rueda de mercurio está en movimiento perpetuo, aun cuando al hacer el experimento aplicó color a la parte inferior de la rueda y sabía perfectamente que ésta giraba porque el calor hacía subir el mercurio[340]. Un molino de viento instalado en una montaña donde las brisas son constantes y un molino hidráulico en un cursó de agua que nunca se seca eran, para las mentes

---

[333] Schmeller, op. cit., 16-19; figs. 9, 9a

[334] Ibid., 20-21, figs. 12, 13.

[335] Ed. Hahnloser, lám. 9.

[336] Thorndike, op. cit., III, 578.

[337] Schmeller, op. cit., 22, fig. 14.

[338] Munich, Biblioteca del Estado, Cod. lat. 197, fol. 58^{r}; cf. T. Beck, *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues* (Berlín, 1899), 287, fig. 341. No conozco la naturaleza de lo que parece ser una formulación del movimiento perpetuo hecha en 1418 en Florencia por Pedro "Fannulla"; cf. F. D. Prager, "Brunelleschi's inventions", *Osiris*, IX (1950), 523, n. 170.

[339] Op. cit., 227.

[340] Thorndike, loc. cit.

de la Edad Media, máquinas de movimiento perpetuo[341]. Síntomas significativos de la idea del movimiento perpetuo en la Europa de fines de la Edad Media, en contraste con la India y el Islam, son las muestras del vivo y general interés por tal movimiento, los intentos por diversificar sus medios impulsores y el esfuerzo por conseguir que prestara alguna utilidad.

En el siglo XIII Occidente admitía la existencia de dos fuerzas, la gravedad y el magnetismo, que operaban con una constancia no igualada por el viento ni por el agua. A su boceto de un *perpetuum mobile* gravitacional, Villard de Honnecourt agrega una nota: "Mucho tiempo han disputado los maestros (*maistres*) acerca de cómo lograr que una rueda gire por sí misma. He aquí cómo es posible hacerlo: o bien mediante martillos desiguales, o bien con mercurio"[342].

¿Podía dominarse de igual suerte el magnetismo? Noticias de los años 1040-44, 1089-93 y 1116 hacen referencia a que en China se utilizaba una aguja imantada para geomancia, mientras que en 1119 y 1122 los chinos la empleaban para la navegación[343]. En Europa la brújula aparece en *De naturis rerum*, de Alejandro Neckham[344], que circulaba ampliamente a fines del siglo XII[345], y en la *Biblia* de Guiot de Provins, compuesta entre 1203 y 1208[346]. Hacia 1218 Jacques de Vitry consideraba que la brújula era un instrumento "valde necessarius... navigantibus in mari"[347]. Alrededor del 1225 era de uso corriente aun en Islandia[348]. No llegó a Occidente por conducto del Islam, sino más bien por tierra, principalmente como un instrumento astronómico para

---

341 Cf. la cita de A. Meygret, *infra*, pág. 189.

342 Loc. cit.

343 Li Shu-hua, "Origine de la boussole", *Isis*, XLV (1954), 180, 183, 184, 188, 192.

344 Véase pág. 188.

345 G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, II (Baltimore, 1931), 385. Ibid., 349, menciona un texto hebreo escrito en Inglaterra hacia el 1194 por Berakya ha-Naqdan, en el que aparece la brújula.

346 Ed. J. F. Wolfort y FI. Schulz, *Percival-Studien* I (Halle, 1861), 50-51, vs. 622-53; en cuanto a la fecha, cf. 4.

347 *Historia hierosolimitana*, cap. 89, en *Gesta Dei per Francos*, ed. J. Bongars (Hannover, 1611), I, 1106. La afirmación a menudo repetida de que Jacques dice que la brújula procedía de la India es incorrecta: lo que dice es simplemente que la piedra imán tiene su origen en la India.

348 Un comentario de 1225 (aprox.) sobre la Historia islandica, escrita hacia el 1108, al hablar de un episodio ocurrido en 868, dice que los navegantes de la época no tenían brújula; cf. G. Beaujouan, La Science antique et médiévale (París, 1957), 573.

determinar el meridiano[349]. La primera referencia musulmana a la brújula corresponde a un relato persa del 1232-33[350]. La más antigua mención árabe de ese instrumento aparece en 1282, pero se refiere explícitamente a un episodio de 1242-43 y habla de la brújula como de una novedad[351]. Además, la palabra árabe *al-konbas* revela que su uso llegó al Levante musulmán desde Occidente, probablemente desde Italia[352].

Casi inmediatamente después de su introducción, la brújula empezó a estimular el pensamiento europeo respecto de la fuerza magnética. En su *De universo creaturarum*, escrito por los años 1231-36, el gran obispo de París Guillermo de Auvernia utilizó la analogía de la inducción magnética para explicar el movimiento de las esferas celestes[353]. En 1269, en su trascendental *Epístola de magnete*, piedra angular de toda obra posterior sobre el magnetismo, el ingeniero militar Pedro de Maricourt, a quien Roger Bacon consideraba el más grande sabio de su época[354], presenta un diseño de una máquina magnética de movimiento perpetuo, e incidentalmente confirma el testimonio de Villard acerca del interés general por estas cuestiones, agregando: "He visto a muchos hombres fatigarse torpemente en repetidos esfuerzos por inventar una

---

349 E. G. R. Taylor, "The south-pointing needle", *Imago mundi*, VIII (1951), 1-7, y su *The Haven-finding Art* (Nueva York, 1957), 96.

350 Balmer, op. cit., 54.

351 Ibid., 53; Li, op. cit., 195; E. Wiedemann, "Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften", *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen*, XXXV (1903), 330-31; Taylor, *Haven-finding Art*, 96. Sin embargo, en 1282 el autor se había enterado de que en el Océano Indico se hallaba en uso una brújula que consistía en un delgado disco flotante de hierro magnetizado, que es asimismo la forma mencionada en la fuente persa de 1232-33. Puesto que, según Li, op. cit., 180-81, fig. 5, es éste el más antiguo tipo chino de brújula geomántica, parecería que el Islam recibió la brújula casi al mismo tiempo del Este y del Oeste.

352 Balmer, loc. cit.

353 P. Duhem, Le Système du monde, III, (París 1915), 259.

354 En *Opus tertium*, cap. 13, en *Opera inedita*, ed. J. 8. Brewer (Londres, 1859), 46-47, Bacon dice refiriéndose a Pedro: "Se avergonzaba si alguna persona común o una anciana decrépita o un soldado o un patán campesino sabía algo que él no supiera. Así, investigó los métodos que utilizaban los fundidores de metal y qué es lo que hacían con el oro, con la plata, con otros metales y con todos los minerales; y aprendió todo lo referente a la guerra, las armas y la caza; examinó todo lo concerniente a la agricultura, la agrimensura y las faenas de los labriegos; inclusive estudió la actividad (*experimenta*) de las brujas, sus adivinaciones y encantamientos, y las de todos los hechiceros, y también los ilusionismos y los trucos de todos los prestidigitadores, de suerte que no se le escapara nada de cuanto podía aprenderse, a fin de estar en condiciones de dejar al descubierto todo fraude y magia."

rueda de este tipo"[355]. Tales son las raíces de las ideas del siglo XIV sobre molinos accionados por la fuerza magnética[356].

Pero hacia el 1260, aproximadamente[357], Pedro ya había estado cavilando acerca de un segundo *perpetuum mobile*, hecho doblemente significativo porque, a diferencia de su rueda magnética, estaba destinado a prestar utilidad. Un indicio de que sus experimentos debieron de ser ampliamente conocidos en París lo sugiere el que Jean de St. Amand, en la década de 1260, identificase las propiedades del imán con las de la misma Tierra: "Dico quod in adamante est vestigium orbis"[358]. En 1269 Pedro de Maricourt describió su nuevo dispositivo: una piedra imán globular que, montada sin fricción en sentido paralelo al eje celeste, giraría una vez al día. Adecuadamente agregada a un mapa de los cielos, serviría a modo de esfera armilar automática para observaciones astronómicas y como un perfecto reloj que permitiría prescindir de todo otro cronómetro[359].

A mediados del siglo XIII, en consecuencia, un grupo considerable de mentes activas, no sólo estimuladas por los éxitos tecnológicos de generaciones recientes, sino también orientadas por el fuego fatuo del movimiento perpetuo, empezaban a generalizar el concepto de fuerza mecánica. Iban admitiendo la idea de que el cosmos era un vasto repositorio de energías controlables y utilizables conforme a intenciones humanas. Tenían conciencia de la energía hasta un punto rayano en la fantasía. Pero sin esa fantasía, sin esa imaginación de alto vuelo, la tecnología de la energía en el mundo occidental no se habría desarrollado. Cuando Roger Bacon, el amigo de Pedro de Maricourt, escribió allá por el 1260: "Es posible construir máquinas gracias a las

---

[355] *Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt militem*, Parte II, cap. 3, ed. G. Hellmann, en *Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus*, Nº 10: *Rara magnetica* (Berlín, 1898), 11.

[356] Cf. J. L. Lowes, *Geoffrey Chaucer* (Bloomington, 1958), 36.

[357] En *De secretis operibus* (c. 6) de Bacon, en *Opera inedita*, 537, se dice que "exprimentator tamen fidelis et magnificus ad hoc anhelat, ut ea [sphera armillaris] tali materia fieret, et tanto artificio, quod naturaliter coelum motu diurno volveretur". A. G. Little, *Roger Bacon Essays* (Oxford, 1914), 395, sugiere como posible la fecha de 1248 (aprox.) para la composición de *De secretis operibus*, pero se basa en fundamentos insuficientes. S. C. Easton, *Roger Bacon and his Search for a Universal Science* (Nueva York, 1952), 111, propone más cautelosamente como fecha el año 1260 (aprox.).

[358] Thorndike, "John of St. Amand on the magnet", *Isis*, XXXVI (1946), 156. La obra de Jean fue impresa en Venecia en 1508.

[359] Véase pág. 189.

cuales los barcos más grandes, con sólo un hombre que los guíe, se desplazarán más rápidamente que si estuvieran repletos de remeros; es posible construir vehículos que habrán de moverse con velocidad increíble y sin ayuda de bestias; es posible construir máquinas voladoras en las que un hombre... podrá vencer al aire con alas como si fuera un pájaro... las máquinas permitirán llegar al fondo de los mares y los ríos" [360], no hablaba por su cuenta sino en nombre de los técnicos de su época.

[360] *De secretis operibus*, c. 4, ed. cit., 533; cf. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, II (1929), 654-55; F. Bou, "Technische Träume des Mittelalters", *Die Umschau*, XXI (1917), 678-80.

NOTAS

Nota 1, pág. 17. Polidoro Virgilio fue el primero en observar, en *De inventoribus rerum* (Venecia, 1499), Libro III, cap. 13, que el estribo es posclásico. La idea no tardó en generalizarse: Jan van der Straet (1523-1605) publicó un grabado en el que celebraba el estribo como un descubrimiento "moderno" comparable a los de América, la brújula, la pólvora, la imprenta, el reloj mecánico, el guayaco (un presunto específico contra la sífilis), la destilación y la seda; cf. J. Stradanus, Nova reperta: *New Discoveries of the Middle Ages and Renaissance*, ed. E. Rosen y B. Dibner (Norwalk, Conn., 1953), lám. 9. De la bibliografía antigua sobre el estribo da un resumen crítico J. Beckmann, *History of Inventions and Discoveries*, 3ª ed. (Londres, 1817), II, 255-70. El estudio moderno más completo pertenece al mayor A. Schlieben, "Geschichte der Steigbügel", *Annalen des Vereins für Nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung*, XXIV (1892), 165-231; XXV (1893), 45-52. R. Zschille y R. Forrer, *Die Steigbügel in ihrer Formentwicklung* (Berlín, 1896), toman a Schliehen como base en la mayor parte de su material histórico. Reactualizó la discusión el comandante R. Lefebvre des Noëttes, *L'Attelage et le cheval de selle à travers les âges* (París, 1931). Para un enfoque global del problema, a diferencia de sus aspectos menudos, véase posteriormente R. Reinecke, "Zur Geschichte des Steigbügels", *Germania*, XVII (1933), 220-222; E. Blomqvist, "Stigbyglar", *Kulturen*, 1948, 92-124; A. D. H. Bivar, "The stirrup and its origins", *Oriental Art*, nueva serie, I (1955), 61-65. La correspondencia a menudo citada, que se publicó en el Times de Londres el 24 y 26 de febrero, y el 14, 20 y 31 de marzo de 1947, nada agregó a la discusión.

Nota 2, pág. 17. Los efectos militares y sociales de la introducción del carro liviano son analizados por H. A. Potratz, *Das Pferd der Frühzeit* (Seestadt-Rostock, 1938); cf. también B. P. Sinha, "Art of war in ancient India, 600 B.C.-300 A.D.", *Journal of World History*, IV (1957), 126-128. Acerca de los efectos del reemplazo del carro por jinetes, véase J. Wiesner, "Fahren und Reiten in Alteuropa und im altem Orient", *Der alte Orient*, XXXVIII, cuad. 2-4 (1939); E. Erkes, "Das Pferd im altem China", *T'oung pao*, XXXVI (1940), 26-63. E. D. Phillips, "New light on the ancient history of the Eurasian steppe", *American Journal of Archaeology*, LXI (1957), 273-74, llega a la conclusión de que la costumbre de montar a caballo se inició probablemente en las llanuras caucásicas hacia el 1000 a.C. A. R. Schulman, "Egyptian representations of horsemen and riding in the New Kingdom", *Journal of Near Eastern Studies*, XVI (1957), 263-71, demuestra que en Egipto se utilizaban exploradores militares a caballo en una época en que para el combate propiamente dicho sólo se empleaban carros. No obstante, M. A. F. Hood, "A Mycenaean cavalryman",

Annual of the British School at Athens, XLVIII (1953), 84-93, ha aportado sólidas pruebas de que se montaba a caballo aprox. hacia el 1300 a.C. En general, véase G. G. Simpson, "Horses and history", *Natural History*, XXXVIII (1936), 277-88.

Nota 11, pág. 19. En un ensayo cuya importancia no guarda relación alguna con su brevedad, J. R. Strayer, "Feudalism in Western Europe", en *Feudalism in History*, ed. R. Coulborn (Princeton, 1956), 15-25, pone en tela de juicio esta opinión e insiste (pág. 16) en que "el feudalismo de Europa Occidental es esencialmente político: es una forma de gobierno ... El feudalismo no consiste simplemente en la relación entre señor y vasallo, ni en el sistema de tenencias de la tierra en condiciones de dependencia, pues tanto aquélla como éstas pueden darse en una sociedad no feudal. La combinación de la dependencia personal y la dependencia en cuanto a tenencia de la tierra nos acerca al feudalismo, pero todavía falta algo. Sólo cuando los derechos de gobierno (no la mera influencia política) están vinculados al señorío y a los feudos podemos hablar de feudalismo plenamente desarrollado en Europa Occidental. Lo que distingue claramente al feudalismo de otros tipos de organización es la posesión de los derechos de gobierno en manos de los senores feudales y el desempeño por éstos de la mayor parte de las funciones de gobierno." Aun admitiendo (pág. 21) que "el vasallaje se iba generalizando y hacia mediados del siglo VIII surgió algo que se asemejaba muchísimo a feudos de propiedad de un rey o de señores", sin embargo, "esto no era todavía feudalismo: aún existía una autoridad pública"; el surgimiento del feudalismo como forma de gobierno sobrevino en medio del caos dinástico de los cincuenta años que siguieron a la muerte de Carlomagno.
Pero Brunner se acercó más al tono violento de la vida feudal y a la autoimagen de los miembros de la clase feudal, al sostener que el feudalismo europeo era esencialmente una manera de organizar la sociedad ante una guerra inminente, dando prioridad al papel de las fuerzas locales. En el siglo IX, cuando se produjo la decadencia del reino carolingio, los vasallos y los poseedores de feudos heredaron los despojos de la autoridad pública precisamente porque su sociedad ya había sido reorganizada militarmente de tal suerte que ellos se encontraban en condiciones de poder recoger los restos políticos. El feudalismo era una estructura militar que, al cabo de más o menos un siglo, agregó funciones políticas a las militares. Los sustantivos como *feudalismo* son criptoverbos: no describen tanto pautas institucionales como pautas de acción y de fluctuantes relaciones de poder, que se institucionalizaron y legalizaron conscientemente no sólo después de los hechos, sino a menudo después que los hechos "legalizados" se habían ya convertido de algún modo en otra cosa. Basado en testimonios del Lejano Oriente, O. Lattimore en *Past and Present*,

XII (1957), 47-57, rechaza análogamente el concepto de feudalismo de Strayer y, en particular (pág. 50), su insuficiente insistencia en "la naturaleza de la guerra que precede al feudalismo y que contribuye a su aparición".

Nota 18, pág. 19. " ...ut panes inmobiles permanentes sicut et zona rigoris glacialiter manent adstricti, Arabes gladio enecant", *Monumenta Germaniae Historica* (citado de aquí en adelante como *MGH*), *Auctores antiqui*, XI, 361. Los documentos que se refieren a la batalla son tan insatisfactorios que no es posible visualizarla en detalle; cf. E. Mercier, "La Bataille de Poitiers et les vraies causes du recul de l'invasion arabe", *Revue historique*, VII (1878), 1-8; F. Dahn, *Urgeschichte der germanischen und romanischen Volker* (Berlin, 1883), III, 794-98; M. G. J. L. Lecointre, "La Bataille de Poitiers entre Charles Martel et les Sarrasins: L'histoire et la legende; origine de celle-ci", *Bulletin de la Société des Antiquaires de l'Ouest*, 3ª serie, VII (1924), 632-42; L. Levillain y C. Samaran, "Sur le lieu et la date de la bataille de Poitiers en 732", *Bibliotheque de l'Ecole des Chartes*, XCIX (1938), 243-67; M. Mercier y A. Seguin, *Charles Martel et la bataille de Poitiers* (Paris, 1944). El intento de G. Roloff, "Die Umwandlung des fränkischen Heeres von Chlodwig bis Karl den Grossen", *Neue Jahrbücher für das klassische Altertum*, IX (1902), 390, n. 1, de rebatir la opinión de Brunner acerca de que los hombres de Martel en Poitiers habían combatido principalmente a pie, sólo halló eco favorable en A. Dopsch, *Wirtschaftliche und soziale Grundlagen der Europäischen Kulturentwicklung*, 2ª ed. (Viena, 1924), II, 297. Con todo, un caritativo revisor del texto eliminó la frase pertinente de la traducción inglesa (Nueva York, 1937).

Nota 16, pág. 20. Ninguna prueba respalda la afirmación de H. Delbrück, op. cit., II, 463, de que el cambio de marzo a mayo carezca de importancia militar, puesto que en el 755 el Campo de Marzo era "nur ein Art Reichstag". H. von Mangoldt-Gaudlitz, *Die Reiterei in den germanischen und fränkischen Heeren bis zum Ausgang der deutschen Karolinger* (Berlín, 1922), 31, ohjeta la explicación de Brunner basándose en que se realizó un Campo de Mayo en el 612 (Fredegario, IV, 38; *MGH, Scriptores Merov.*, II, 139) y en que consta que después del 755 se organizaron expediciones en otras estaciones que no correspondían al término de la primavera. Pero, cualesquiera que hayan sido las irregularidades más antiguas en cuanto a la fecha del Campo de Marzo, está claro que la acción de Pipino impresionó a los contemporáneos como una novedad: "mutaverunt Martis campum in mense Majo" (*MGH, Scriptores*, XVI, 494; cf. ibid., I, 11); "venit Tassilo ad Martis campum in mense Madio" (ibid. 28). Mangoldt-Gaudlitz, 45, observa la importancia del forraje en la última parte del siglo VIII, cuando en 782 y 798 se postergaron expediciones debido a lo avanzado de la estación. Los *Officia XII mensium*, cd. H. Stern, *Revue*

archéologique, XLV (1955), 185, del siglo IX, relacionan explícitamente las pasturas de mayo con la iniciación de las hostilidades: "Maius hinc gliscens herbis generat nigra bella". Véase también L. Levillain, "Campus Martius", *Bibliothéque de l'Ecole des Chartes*, CVII (1947-48), 62-68.

Nota 22, pág. 21. Podría escribirse un capítulo de la historia de la historiografía sobre la actitud burlona con que fue acogida la que F. Lot, en *Histoire du moyen âge, I: Les Destinées de l'empire en Occident de 395 à 888* (París, 1928), 664, llamó la "théorie explosive de la vassalité". Bajo la presumible influencia del concepto darwiniano de cambio biológico a través de la acumulación gradual de menudas diferencias, muchos historiadores han sostenido que es axiomático que ningún cambio histórico significativo puede ser repentino. Por lo tanto, en sus estudios sobre los antecedentes del feudalismo han tendido a atenuar la insistencia en los cambios prematuros. La teoría biológica más reciente de la mutación genética aporta una metáfora por lo menos igualmente excitante del pensamiento histórico. Esto vale especialmente para la tecnología militar, en la que una innovación repentina puede revolucionar toda una sociedad. Por ejemplo, D. M. Brown, "The impact of firearms on Japanese warfare, 1543-98", *Far Eastern Quartely*, VII (1948), 236-53, ha mostrado que la introducción, por mercaderes occidentales, de las armas de fuego y de los métodos para su fabricación afectómuy pronto toda la trama de la vida japonesa y echó los cimientos de la reunificación política de Japón bajo el shogunado de los Tokugawa.

Nota 24, pág. 21. Delbrück, op. cit., II, 424-33, 472; Roloff, op. cit., 389-99; C Oman, *History of the Art of War in the Middle Ages*, 2ª ed. (Londres, 1924), I, 22-37, 103-105 (sin embargo, en 57-58 admite que los francos combatieron a pie en Tolbiac en 612 y en Poitiers en 733); Dopsch, Grundlagen, 2ª ed., II, 294-98; P. Guilhiermoz, *Essai sur l'origine de la noblesse en France au moyen âge* (París, 1901), 100; E. Mayer, "Die Entstehung der Vassalität und des Lehnwesens", *Festgabe für E. Sohm* (Munich, 1914), 66-67; Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 21-24, 36-37, 48-49; Frauenholz, op. cit., 60. Se justifica el juicio de C. von Schwerin, en *Zeitschrift fur die gesamte Staatswissenschaft*, LXXX (1925-26), 719, y en su edición de *Deutsche Rechtsgeschichte*, de Brunner (Munich, 1928), II, 277, n. 30, y 279, n. 33, en el sentido de que esta bibliografía no prueba otra cosa sino que los merovingios combatían en cierta medida a caballo, cosa que nadie puso nunca en duda; pero no prueba que la caballería fuese el arma decisiva entre los francos antes de mediados del siglo VIII.

Nota 25, pág. 21. Puesto que Brunner no negó el uso continuado de la infantería por parte de Carlomagno y aun ocasionalmente por los carolingios de

época posterior (cf. Schwerin, ¡oc. cit.), esta escuela representa más que nada una reacción contra las pretensiones extremadas de Delbrück; cf. W. Erben, "Zur Geschichte des karolingischen Kriegswesens", *Historische Zeitschrift*, CI (1908), 321-36 (crítica que Delbrück ni refutó ni recibió de buen grado; cf. *Geschichte des Kriegswesens*, 2ª ed. II, 475-76). H. Fehr, "Das Waffenrecht der Bauern im Mittelalter", *Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte*, Germ. Abt. XXXV (1914), 116-118, apoya a Erhen al sostener que el ejército de Carlomagno era, de derecho y de hecho, primordialmente una leva de hombres libres, pero recalca (119-120) que incluso bajo Carlomagno, a medida que la caballería adquirió más importancia, se introdujeron requisitos de propiedad para el servicio militar, requisitos que en el siglo IX modificaron toda la base del ejército franco. K. Rübel, "Fränkisches und spätrömisches Kriegswesen", *Bonner Jahrbücher*, CXIV (1906), trata de demostrar que la infantería siguió siendo decisiva especialmente en las guerras sajonas, pero no logra convencer a Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 36.

Nota 88, pág. 24. En la Antigüedad tardía los caballos continuaron agrandándose y haciéndose más pesados, hasta culminar en el soberbio bridón de la estatua de Marco Aurelio, de las postrimerías del siglo II; cf. H. Friis, *Rytterstatuens historie i Europa fra oldtiden indtil Thorvaldsen* (Copenhague, 1933), 67, fig. 33. J. C. Ewart, "On skulls of horses from the Roman fort at Newstead near Melrose", *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, XLV (1907), 576-77, halló pruebas de la existencia de tres variedades de caballos, entre ellas una muy parecida a la moderna raza Shire de caballos pesados; cf. G. Nobis, "Beiträge zur Abstammung und Domestikation des Hauspferdes", Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, LXIV (1955), 201-46, esp. 233. Las primeras monturas occidentales de los siglos I y II, con sobresalientes borrenes anterior y posterior, aparecen por lo general sobre caballos pesados, que pueden reconocerse por sus espesas cernejas y sus abundantes crines y colas; cf. E. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs, statues et bustes de la Gaule Romaine*, III (París, 1910), nº 2150; IX, nº 6589. Caballos similares se encuentran en el Irán sasánida y en la China de los Han; cf. W. W. Tarn, Hellenistic *Military and Naval Developments* (Cambridge, 1930), 79. Pausanias, *Description of Greece*, X, 19, 10 ed. W. H. S. Jones (Londres, 1935), IV, 478, nos dice que en la antigua lengua celta μάρκα significa "caballo". Parecería que los germanos recibieron de un pueblo celta el pesado caballo de batalla, puesto que en el siglo VIII lo llamaban *marach*; cf. *Lex Bajuvorum*, XIII, 11-12, ed. J. Merkel, *MGH, Leges*, III, 317. "Si caudam amputaverit vel aurem, si equus est quod marach dicunt, cum solido componat. Si mediocris fuerit, quod wilz vocant, cum medio solido componat. Et si deterior fuerit, quod angargnago dicimus, qui in hoste utilis non est, cum tremisse componat"; *Lex Alamannorum,* LXXII, párr.

1, ed. J. Merkel, ibid., III, 69: "Si equo quod marach dicunt, oculum excusserit…", la multa será seis veces la que corresponde por cegar un caballo barato. *Marca* significa "caballo de guerra" en varias lenguas celtas; cf. A. Holder, *Alt-celtischer Sprachschatz* (Leipzig, 1904), II, 417; A. Heiermaier, "Westeuropäische Heimat und Namen des Pferdes", *Paideia*, VI (1951), 371-75, para el rico vocabulario celta referente a caballos y vehículos que se incorporó a las lenguas romances y teutónicas; H. Dannenbauer, "Paraveredus-Pferd", *Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germ. Abt.*, LXXI (1954), 55-73, para un caso concreto y sus implicaciones legales.

Nota 42, pág. 25. Frauenholz, op. cit., 59; Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 84. Sin embargo, un bajorrelieve romano tardío que representa un auxiliar de caballería provisto de una lanza empuñada con las dos manos, y sin escudo, demuestra que ese tipo de lanza tuvo cierta difusión en Occidente; cf. J. Barodez, "Organisation militaire romaine de l'Algérie antique", *Revue internationale d'histoire militaire*, IV (1953), 33. Además, Pablo el Diácono, en su *Historia Langobardorum*, V, 10, en *MGH, Scriptores Langob.*, 149, nos relata, como hazaña asombrosa, que un longobardo atravesó a un jinete bizantino y lo levantó de la silla sobre la punta de su arma. Al no haber estribos (ver infra, pág. 161), esto sólo puede haber ocurrido con una lanza empuñada con las dos manos, y aun así no sin gran dificultad. Tal vez una lanza de este tipo pueda explicar también la descripción que de Chnodomar, rey de los alamanos en el 357, en ocasión de la batalla de Estrasburgo, hace Amiano Marcelino, XVI, 12, 24, ed. C. U. Clark (Berlín, 1910), I, 95: "Chnodomarius... equo spumante sublimior, erectus in iaculum formidandae vastitatis, armorumque nitore conspicuus ante alios". E. Salin, *La Civilisation rnérovingmenne*, IV (París, 1959), 293, figs. 100, 101, muestra a un jinete longobardo de fines del siglo VI y a un guerrero pagano alamano del siglo VII, con sendas lanzas empuñadas con las dos manos, pero sin escudos.

Nota 65, pág. 29. *Deutsche Altertumskunde*, II (Munich, 1923), 339, n. 1. Sin desarrollar argumentos ni aducir documentación, L. Montross, *War Through the Ages* (Nueva York, 1944), 95, atribuye el progreso carolingio del combate con carga de caballería a "la invención del estribo, que sin duda constituye la más destacada contribución de la Edad Media a la ciencia de la guerra". M. Bloch, *La Société féodale: La Formation des liens de dépendance* (París, 1949), 236, vincula expresamente la introducción del estribo con el reemplazo (que él considera gradual) de la infantería por la caballería a comienzos de la Edad Media, pero su deficiente información sobre la difusión del estribo (véanse sus observaciones en *Annales d'histoire écomique et sociale,* VII [1935], 638) le impide concentrar en el siglo VIII esta innovación tecnológica. E. A. Preston, S.

F. Wise y H. O. Werner, *Man in Arms: A History of Warfare and its Interrelationships with Western Society* (Nueva York, 1956), 66-67, adjudican los orígenes del feudalismo conjuntamente a "la introducción del estribo en algún momento del siglo VI y... a las incursiones de los jinetes sarracenos en la Francia meridional a principios del siglo VIII".

Nota 68, pág. 30. Se ha creído a veces que una tosca lápida, tal vez de fines del siglo III o comienzos del IV, encontrada en Putačevo (Yugoslavia), mostraba un estribo, pero la representación es dudosa; cf. M. Hoernes, "Altertümer der Herzegovina, II", *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Classe*, XCIX (1881), 895, fig. 13; *Corpus inscriptionum latinarum*, III (1878), 2765; en cuanto a la fecha, véase O. Kleemann, "Samländische Funde und die Frage der altesten Steigbügel in Europa", *Rheinische Forschungen zur Vorgeschichte*, V (1956), 118. Un objeto que ha sido a veces interpretado como una especie de estribo, pero que indudablemente es un portaarco que cuelga de la montura, aparece en monedas acuñadas, probablemente en Antioquía, por Q. Labieno Pártico hacia el 40 a.C.; cf. J. Eckhel, *Doctrina nummorum veterum* (Viena, 1828), V, 145-46; H. A. Grueber, *Coins of the Roman Republic in the British Museum* (Londres, 1910), II, 500, y n. 1, III, lám. CXIII, nos. 19-20: M. von Bohrfeldt, *Die romische Geldmunzprägung wahrend der Republik und unter Augustus* (Halle, 1923), 71 y lám. VII, nos. 21-23; E. Bahelon, *Monnaies de la république romaine* (París, 1885), I, 225; H. Cobo, *Monnaies frappées sous l'empire romain* (París, 1880), I, 30. En cuanto a otros portaarcos de tipo similar, en monedas de Khorezm, cf. *Ars islamica*, VI (1939), 165. L. Sprague de Camp, "Before stirrups", *Isis*, LI (1960), 160, ha identificado una manija que aparece en el sobrecuello de una alharda romana del tiempo de Marco Aurelio, como un elemento que le permite al jinete sostenerse. L. H. Heydenreich, "Marc Aurel und Regisole", *Festschrift für Erich Meyer zum 60. Geburtstag* (Hamburgo, 1959), 146-59, afirma que una estatua ecuestre de bronce, probablemente del siglo VI, erigida primero en Ravena y después en Pavía, tenía estribos. Hacia 1335 (aprox.) se hallaba evidentemente equipada no sólo con estribos sino también con espuelas de rodajas, las que por otra parte no eran conocidas con anterioridad a una iluminación española del siglo IX; cf. C. Singer, *History of Technology*, II (1956), 558 (Lefebvre des Noëttes, op. cit., fig. 294, no interpreta, sin embargo, que se trate de rodajas sino simplemente de "éperons à pointes multiples"). Las vicisitudes de esta estatua hacen que resulte muy improbable que haya exhibido originariamente ese arreo. En 1315 fue tomada por los milaneses, cortada en pedazos y llevada a Milán; hacia el 1335 fue reconquistada por los pavianos y erigida nuevamente en su ciudad. Los artesanos encargados de la restauración, preocupados por la solidez de las patas y pies colgantes, habrían reforzado probablemente aquéllas con varillas

de metal que simulaban correas de estribo, y los pies con flejes metálicos a modo de espuelas. No habría habido ninguna conciencia del anacronismo; como se indicó anteriormente (pág. 153), la primera observación de que el estribo era desconocido para los romanos se publicó en 1499.

Nota 71, pág. 30. J. Marshall, *Guide to Sanchi* (Calcuta, 1918), 138, n. 3; J. E. van Lohuizen-de Leeuwe, "Heinrich Zimmer and Indian Art", *Arts asiatiques*, IV (1957), 228, fig. 4; A. K. Coomaraswamy, "Early Indian sculptures", *Bulletin of the Museum of Fine Arts*, Boston, XXIV (1926), 59 y fig. 4, e *History of Indian and Indonesian Art* (Nueva York, 1927), 25; J. P. Vogel, *La Sculpture de Mathurá* (París, 1930), lám. VIIIb; L. L. Fleitmann, *The Horse in Art from Primitive Times to the Present* (Londres, 1931), 28; L. Bachofer, *Early Indian Sculpture* (Nueva York, s. f.), II, lám. 72; E. Lefebvre des Noëttes, *L'Attelage at le cheval de selle* (París, 1931), fig. 261. Es curioso que el estribo agrandado para admitir el pie no aparezca en la India propiamente dicha hasta el siglo X en Orissa (Lefebvre des Noëttes, op. cit., fig. 370) y fines del siglo XI en Pagán; cf. C. Duroiselle, "The stone sculptures in the Ananda Temple at Pagan", *Archaeological Survey of India, Annual Report* (1913-14), láms. XXXIV-XXXV y pp. 64-65. Estribos de ese tipo aparecen en Java, en Borobudur, en el siglo VIII (Lefebvre des Noëttes, figs. 372-373), pero no figuran en los bajorrelieves khmer de ms siglos VIII-IX; ibid., Figs. 374-375.

Nota 74, pág. 31. El doctor C. Carrington Goodrich, de la Universidad de Columbia, me ha llamado la atención acerca del informe arqueológico de Kao Chih-hsi, en *Kaogu Xuebao*, III (1959), 75-106, que muestra tres figuras mortuorias de Hunan (láms. XI, 1; XII, 3; XIII, 5), provistas de estribos y que datan del período Chin (años 265-420). En cuanto a la cita del año 47 d.C., cf. F. Hirth en *Verhandhungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie* (1890), 209; P. Pelliot en *T'oung pao*, XXIV (1926), 259. W. C. White, *Tomb Tile Pictures of Ancient China* (Toronto, 1939), 33, llama la atención sobre el descubrimiento de C. W. Bishop, en Shensi, de una figura de piedra que representa un carabao arrodillado, provisto de estribos, y que puede fecharse en el 117 a.C. Antes de su muerte el doctor Bishop me informó que la albarda y los estribos están tallados en la figura, en tanto que los otros detalles se hallan en relieve; por esa razón estimaba que los estribos habían sido agregados posteriormente. Las afirmaciones de B. Laufer, en *Chinese Pottery of the Han Dynasty* (Leiden, 1909), 230, y *Chinese Grave Sculptures of the Han Period* (Nueva York, 1911), láms. V y 23, de que los estribos se conocían en la época Han, son refutadas por Pelliot, op. cit., 260-61. J. Needham, *Science and Civilisation in China* (Cambridge, 1954), I, 167, fig. 31, reproduce un grabado hecho en 1821 de un relieve que data presuntamente del año 147 d.C. y que

muestra un estribo. E. M. Jope, en C. Singer, *History of Technology*, II (1956), n. 2, deja sentado su comprensible escepticismo.

Nota 85, pág. 32. W. W. Arendt, "Sur l'apparition de l'étrier chez les Scythes", *Eurasia septentrionalis antiqua*, IX (1934), 206-08, que presenta un boceto a pluma de una supuesta montura escita con estribos, reconstruida a partir de la escena del famoso vaso de Chertomlyk (que representa una correa colgante, pero no estribos; cf. E. H. Minos, *Scythians and Greeks* [Camhridge, 1913], 75, 116, fig. 48; 277, 279, fig. 202; J. Tolstoi, N. Kondakov, y S. Reinach, *Antiquités de la Russie méridionale* [París, 1891], 296 y cf. 397), de material inédito del Museo Histórico de Moscú hallado por Zabelin en 1865, y de "les analogies avec le harnais asiatique du cheval moderne". M. Ebert, Čertomlyk, *Reallexikon*, II (1925), 298, niega acertadamente que los nómadas de la Antigüedad tuviesen ningún tipo de estribo. Bivar, op. cit., 61, observa que no hay estribos en los túmulos de Pazirik más o menos contemporáneos del vaso de Chertomlyk; véase también J. Haskins, "Northern origins of 'Sassanian' metalwork", *Artibus Asiae*, XV (1952), 263, n. 73. Lamentablemente F. Hančar, "Stand und historische Bedeutung der Pferdezucht Mittelasiens im 1. Jahrtausend von Christi", *Kultur und Sprache; Wiener Beiträge zur Kulturgeschichte und Linguisitik*, IX (1952), 478-80, ha sido confundido por Rostovtzeff y Arendt con respecto al estribo.

Nota 93, pág. 33. *Survey of Persian Art*, cd. A. U. Pope (Nueva York, 1938), I, 759, n. 1, y IV, 217; cf. F. Sarre, *Die Kunst des alten Persjen* (Berlín, 1923), 70, fig. 112; Bivar, op. cit., 61, n. 11; K. Erdmann, "Die sassanidischen Jagdschallen", *Jahrbuch dar praussische Kunstsammlung,* LVII (1936), 221, fig. 16. R. Lefebvre des Noëttes, "Deux plats sassanides du Musée de l'Ermitage", *Aréthuse*, I, (1924), 151-52, fue inducido erróneamente por este plato a distorsionar la historia del estribo en Irán; véase su *L'Attelage*, fig. 291, y M. Ebert en *Reallexikon*, XII (1928), 101. M. S. Dimand, "A review of Sassanian and Islamic metal work", *Ars islamica*, VIII (1941), 197, coincidió con Pope, por razones estilísticas, en que el plato es postsasánida. E. Herzfeld, "Postsassanidische Inschriften", *Archäologische Mittellungen aus Iran*, IV (1932), 151-54, basándose en una inscripción del plato, lo situó en la primera mitad del siglo VIII. Según A. Alföldi, "A Sassanian silver phalera at Dumharton Oaks", *Dumbarton Oaks Papers*, XI (1957), 239, n. 19,
H. B. Henning ha discutido recientemente ese desciframiento; de todos modos, Alföldi parece creer que el plato difícilmente puede fecharse con anterioridad a la segunda mitad del siglo VII. J. Kovrig, en *Acta archaeologica* (Budapest), VI (1955), 164, n. 3, opina que las largas botas blandas no persas que lleva el

jinete pueden indicar un origen turco del plato. F. Haskins, op. cit., 346-47, lám. VIII, fig. 4, adopta sin duda una posición extrema al situarlo en el siglo XI.
Al buscar estribos en el arte sasánida, es preciso tener cuidado debido a la presencia de una peculiar bota irania que lleva una correa alrededor del empeine y que puede observarse en guerreros desmontados, en J. Smirnoff, *Argenterie orientele* (San Petersburgo, 1909), fig. 308, y C. Trever, *Nouveaux plats sassanidas de l'Ermitage* (Moscú, 1937), lám. II.

Nota 97, pág. 34. Al-Muharrad, *al-Kāmil*, cd. W. Wright (Leipzig, 1886), 675; cf. F. W. Schwarzlose, *Die Waffen der alten Araber aus ihren Dichtern dargestellt* (Leipzig, 1886), 50; sobre al-Mubarrad, cf. *Encycl. Islam*, III, 623. El libro de al-Muharrad es sin duda la fuente de afirmaciones similares sobre el origen del estribo hechas por el musulmán español Ibn el 'Awwām; cf. Ali ibn 'Abd al-Rahmān ibn Huḍail al-Andalusī, *La Parure des cavaliers et l'insigne des preux*, tr. L. Mercier (París, 1924), pág. X. Según lo han demostrado nuestras citas, en el siglo IX el estribo era común en el Oriente musulmán. Zschille y Forrer, op. cit., 16, citan una versión de cómo el califa al-Ma'mūn (809-833) repartió regalos en Damasco "sin sacar el pie del estribo". En *Descriptio imperii moslemici*, ed. M. J. de Goege (Leiden, 1877), 325, observa al-Maqdisī (fines del siglo x) que Samarcanda desarrollaba un floreciente comercio de exportación de estribos; cf. W. Barthold, *Turkestan down to the Mongol Invasion* (Londres, 1928), 235.

Nota 99, pág. 35. Por ejemplo, sobre esa base ha sido citado frecuentemente como merovingio un bajorrelieve de la iglesia de Saint-Julien en Brioude (Haute-Loire), que muestra sencillos estribos de cuerdas; pero, como señala A. Demmin, *Kriegswaffen*, (Leipzig, 1893), 355, la armadura del jinete es más propia del siglo X u XI. E. László, "Der Grabfund von Kornoncó und der altungarische Sattel", *Archoeologia hungarica*, XXVII (1943), 159, opina que un tipo original de estribo de cuero o cuerdas explica una saliente debajo del apoyapiés en ciertas clases de estribos, y también la decoración retorcida y anudada de algunos estribos de metal. Sin embargo, la buena artesanía y el placer del herrero en modelar el hierro al rojo blanco hacen que tales explicaciones genéticas resulten inecesarias.
El *Oxford English Dictionary* hace derivar "stirrup" [estribo] del anglosajón *stig* (trepar) + *rap* (cuerda) , y observa que, "como lo muestra la etimología, el 'estribo' original debe de haber sido una cuerda en forma de lazo". W. Meyer-Lübke, *Etymologisches Wörterbuch der romanischen Sprachen*, 3ª ed. (Heidelberg, 1935), s. v. estribo, se muestra dudoso, pero no ofrece nada mejor. Es más probable que la palabra provenga de *άστράβη*, una albarda a veces convertida en silla de montar de mujer al agregársele a un costado una tabla

sujeta con cuerdas a modo de apoyapiés; cf. A. Man, "Astrabe", en Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft* (Stuttgart, 1896), II, 1792-93; XV. Günther, 'Sattel", en *Reallexikon der Vorgeschichte,* XI (1928), 214. Una silla de montar de este tipo aparece en relieves hititas del 730 (aprox.), que muestran una reina a caballo (cf. Halet Çambel, "Karatepe", *Oriens*, I [1948], 155, lám. I); en relieves galorromanos (cf. E. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs*, III, 1910, Nº 2246; VII [1918], Nº 5863); en la Biblia de Farfa, de comienzos del siglo XI (cf. Art. Bulletin, X [1928], 311, fig. 6); en los mosaicos de la Capilla Palatina de Palermo, 1143-1170 (cf. O. Demus, *Mosaics of Norman Sicily* [Londres, 1950], lám. 18); y dos veces en las miniaturas (aprox. 1205) del *Hortus deliciarum* (Estrasburgo, 1900), láms. XXV ter y XXVII- bis, de Herrade von Landsberg. En la época carolingia *astraba* había pasado a designar no toda la montura sino sólo el apoyapiés; el glosario del Codex Leidensis 67 F, de los sigros VIII-IX, inserta "astraba: tabella ubi podes requiescunt"; cf. *Corpus glossariorum latinorum*, ed G. Goetz, IV (1889), 406, XIX. Cuando el verdadero estribo llegó a Occidente, fue asimilado lingüísticamente a *astraba*, único tipo de sostén ecuestre para los pies que ya conocían los francos. De aquí provienen el español *estribo*, el provenzal *estreup*, el francés *estrieu* y el anglosajón *stirap*. El anglosajón *stigrap* y el alemán *Stegreif* son probablemente el resultado de una etimología popular. El *Dictionarius* de Jean de Garland (posterior a 1218), en T. Wright, *A Volumen of Vocabularies from the Tenth Century to the Fifteenth* (Londres, 1857), 123, asocia *strepae* con el inglés *styropys*.

Nota 100, pág. 35. Según L. Mercier, *La Chasse et les sports chez les Arabes* (París, 1927), 57, los caballos, al contrario de lo que ocurría con los camellos, eran muy raros en Arabia aun en el siglo VII. El vocablo *gharz* aparece por lo menos ya en ha segunda mitad del siglo VI en la poesía de al-Muthaggib, Mufaḍḍalīyat, poema 28, verso 10, ed. C. J. Lyall (Oxford, 1918), II, 105. J. von Hammer-Purgstall, "Das Kamel", *Denkschriften der Kaiserlichen Akademia der Wissanschaften zu Wien, Phil.-hist. Cl.,* VII (1856), 86, Nº 5192, opina que *gharz* es un estribo de cuero, en tanto que rikāb es un estribo de madera o de hierro. G. Jacob *Altarabisches Beduinlehen nach dem Quellen geschildert* (Berlín, 1897), 69, traduce *gharz* por "estribo para camello", pero K. Wittfogel y Fêng Chia-shêng, *History of Chinese Society: Liao (907-1125),* (Filadelfia, 1949), 506, n. 13, creen que *gharz* puede no ser otra cosa que el cojín sobre el cual apoya un pie la persona que monta un camello y que normalmente carece de estribos. Sin embargo, Lyall, op. cit., II, 108 n., señala que un antiguo comentarista árabe dice que *gharz* significa "chicha", que puede entenderse con referencia a la antigua sobrecincha india, lo que explicaría un pasaje como el del poeta Labid (m. en 661):

"Cuando muevo mi [pie en el] *gharz*, [el camello] empieza a correr rápidamente", cf. *Die Gedichte des Lebīd*, ed. A. Huber (Leiden, 1891), Nº XXIX, y. 8, cf. pág. 25. En Arabia meridional se encontró un fragmento de una estatua india del siglo II (aprox.); cf. *Archaeology*, VII (1954), 254. En la primera década del siglo V Fa Hsien vio una lujosa hostería para mercaderes sabeos en Kandy, Ceilán; cf. S. Beal, *Chinese Accounts of India* (Calcuta, 1957), 47. También C. W. Van Beek, "Frank-incense and myrrh in ancient South Arabia", *Journal of the American Oriental Society*, LXXVIII (1958), 141-52. M. Z. Siddiqi, "India as known to the ancient Arabs", *Indo-Asian Culture*, V (1957), 275, enumera palabras árabes preislámicas de origen indio, por ejemplo las correspondientes a "alcanfor" y "jengibre".

Nota 108, pág. 36. II. Stern, "Quelques oeuvres sculptées en bois, os et ivoire de style omeyyade", *Ars oriantalis,* I (1954), 128-30, espec. n. 77. En el Louvre hay un marfil de tipo similar, aunque más tosco, que muestra estribos; cf. J. Strzygowski; *Der Dom zu Aachen und sein Entstehung* (Leipzig, 1904), 7, fig. 4; si se tienen en cuenta las conclusiones de Stern acerca de los marfiles de Aquisgrán (Aix-la-Chapelle) aquél es presumiblemente posterior. Análogamente, ha habido muchas discusiones sobre los retablos de madera tallados de la iglesia de Ahu Sarga, en El Cairo viejo, en los que se observan jinetes con estribos. A. J. Butler, *Ancient Coptic Churches of Egypt* (Oxford, 1884), I, 191, fig. 11, los hace remontarse al siglo VIII, puesto que la iglesia había sido construida en esa época; pero en su *Islamic Pottery* (Londres, 1925), lám. XXVII, los atribuye al siglo VI sin aducir razones. No obstante, por motivos estilísticos deben ser considerablemente posteriores al jinete sin estribos de la teja de Eton (lám. VIII), que él también sitúa en el siglo VI. A. Gayet, *L'Art copte* (París, 1902), 240, fecha los retablos de Abu Sarga en el siglo X; W. de Grüneisen, *Les Coractéristiques de l'art copte* (Florencia, 1922), 92-93, está convencido, por lo que él juzga clara influencia musulmana sobre la indumentaria, los arreos de los caballos y los detalles ornamentales, de que no son anteriores al siglo XI; J. Strzygowski, "Die koptische Reiterheihige und der hl. Georg", *Zeitschrift für agyptische Sprache und Altertumskunde*, XL (1902), 55, los relega al siglo XIII.
J. Strzygowski, *Hellenistiche und koptische Kunst in Alexandria nach Funden aus Aegyptan und den Elfenbeinreliefs der Domkanzel zu Aachen* (Viena, 1902), 23, fig. 15, muestra un relieve muy deteriorado de un jinete, a modo de dintel en la mezquita de Dashlut, pero que tal vez provenga de Bawit, y asegura que el jinete, como el de los marfiles de Aquisgrán y el Louvre, lleva estribos. Estos no son visibles en su fotografía (reproducida también en su *Koptische Kunst* [Viena, 1904], 105, fig. 160), ni en la fotografía independiente de J. Clédat, "Baouit", en *Dictionnaire d'archéologie chrétienna*, cd. F. Cabrol, II, I

(1907), 225, fig. 1266, y la pierna y el pie visibles del jinete se hallan tan destrozados que no parecería posible ninguna identificación convincente de un estribo. Los frescos que se conservan en Bawit muestran siete jinetes, todos sin estribos; cf. ibid., figs. 1284-86. Puesto que el monasterio permaneció deshabitado hasta las postrimerías del siglo XI, no cabe desechar la posibilidad de una escultura tardía que mostrase un estribo: en una miniatura copta del siglo X-XI se ven claramente estribos; cf. H. Hyvernat, *Album de paléographie copte* (París, 1888), láms. XVI, XVII. Una carta del doctor Walter Till, de la Universidad de Manchester, principal autoridad en lengua vernácula copta, me dice que no se conoce ninguna palabra copta que signifique estribo.

Nota 110, pág. 36. "χρὴ... ἔχιν δέ εἰς τὰς σέλλας σκάλας αιδηράς δύο", *Arriani Tactica et Mauricij Artis militaris libri duodecim*, ed. J. Scheffer (Upsala, 1664), I, 2, pág. 22; cf. II, 8, pág. 64. Cf. E. Vári, "Sylloge tacticorum graecorum", *Byzantion*, VI (1931), 401-03. Los manuscritos, de los cuales el más antiguo que se conserva es del siglo X, son enumerados por G. Moravcsik, *Byzantinoturcica* (Budapest, 1942), I, 252. Existen dos recensiones, pero en ambas se mencionan estribos de hierro; cf. E. Vári, "Zur Überlieferung mittelgriechischer Taktiker", *Byzantinische Zeitschrift*, XV (1906), 54, y "Desiderata der byzantinischen Philologie auf dem Gabiete der mittelgriechischen Kriegswissenschaftlichen Literatur", *Byzantinisch-neugreichische Jahrbücher*, VIII (1929-30), 228-29. Según A. Dain, "La Tradition des stratégistes byzantins", *Byzantion*, XX (1950), 316, es muy necesaria una edición crítica de esta obra.

Nota 111, pág. 37. La datación tradicionalmente admitida (o sea alrededor del año 600) ha sido defendida por G. Moravcsik, *Byzantinoturcica*, I, 250-53, con abundante bibliografía. No obstante, ya en 1877-78. F. Salamon, en *Századok*, X, 1-17, 686-733, XI, 124-37, intentó demostrar que esta obra no podía ser anterior al siglo IX. En 1906 R. Vári, *Byzantinische Zeitschrift*, XV, 47-87 y XIX (1910), 552-53, adujo una prueba importante en favor de un período posterior al emperador Mauricio; para un resumen de sus argumentos, cf. F. Lammert, en *Jahresbericht über die Fortschritte dar klassischen Altertumswissenschaft*, CCLXXIV (1941), 45-47. Su posición fue considerablemente reforzada por C. M. Patrono, "Contro la paternità imperiale dell' Οὐβικιου Τακτικὰ ατρατηγικά", *Rivista abruzzase di scienze, lettere ad arti*, XXI (1906), 623-38, por E. Gerland en *Deutsche Literaturzeitung*, XLI (1920), 446-49, 468-72, y por R. Grosse, *Römische Militärgeschichte von Gallienus zum Beginn der byzantini.schen Themenverfassung* (Berlín, 1920), 301. En 1929, cuando le tocó escribir el artículo "Steigbügel" para Pauly-Wissowa, *Real-Encyclopädie*, 2ª serie, III,

2237-38, F. Lammert llegó a la conclusión de que el seudo Mauricio debe ser situado a comienzos del siglo VIII.

Nota 125, pág. 39. E. Mengarelli, "La necropoli barbarica di Castel Trosino presso Ascoli Piceno", *Monumenti antichi*, XII (1902), 290, fig. 180; Csallány, *Archaeologische Denkmaler*, 95, Nº 143; B. Thordeman, "The Asiatic splint-armour in Europe", *Acta archaeologica* (Copenhague), IV (1933), 145. Thordeman, 125, n. 7, dice que en el Museo Nacional de Roma se exhiben otros fragmentos de armadura provenientes de la tumba 79, pero no los menciona Mengarelli, 253. Restos de monturas sin estribos fueron hallados también en Castel Trosino, tumba 90 (Mengarelli, op. cit.), y en Nocera Umbra, tumba 5; cf. R. Paribene, "Necropoli barbarica di Nocera Umbra", *Monumenti antichi*, XXV (1919), 168-70, figs. 14-17. No hay estribos procedentes de los cementerios lombardos, ni de Testona, cerca de Turín, ni de Cividale, en Friuli; cf. E. y C. Calandra, "Di una necropoli barbarica scoperta a Testona", *Atti della Società di Archeologia et Belle Arti per la Provincia di Torino*, IV, I (1880), 17-52; 5. Fuchs, "La Suppellettile rinvenuta nelle tombe della necropoli di San Giovanni a Cividale", *Memoria storiche forogiuliesi*, XXXIX (1951), 2-5.

Nota 127, pág. 39. La afirmación de Schlieben, op. cit., 171, y de Zschille y Forrer, op. cit., 4, de que Isidoro de Sevilla (m. en 636) se refiere a los estribos como "Scansuae: ferrum per quod equus scanditur", carece de respaldo. Esta definición no se encuentra en las *Etimologías* sino en las *Glossae Isidori* compiladas por Escalígero a fines del siglo XVI; cf. *Corpus glossariorum latinorum*, ed. G. Goetz, V (Leipzig, 1894), 611; cf. I, (1923), 249. El silencio de Isidoro resulta significativo, ya que en sus *Etymologiarum libri XX*, ed. W. M. Lindsay (Oxford, 1911), Lib. XX, XVI, *De instrumentis equorum*, ofrece un inventario sumamente detallado de los nombres de las partes de los arreos de montar. Tampoco es posible sostener que Isidoro haya sido un mero compilador de libros anteriores, con los ojos cerrados a las realidades que lo rodeaban: en la sección precedente, XX, XV, 3, nos da la palabra del latín vulgar hispánico que designaba un cigüeñal de pozo, *ciconia*, término que no aparece en ninguna otra de las fuentes antiguas. G. Joly, "Les Chevaux mérovingiens d'après les données de Grégoire de Tours", *Bulletin trimestriel de la Société Archéologique de Touraine*, XIX (1914), 311, comprueba que los autores merovingios no mencionan estribos, y la versión de Gregorio (*Historia Francorum*, VI, 31) sobre el asesinato de Chilperico en el 584 mientras se apoyaba en el hombro de un criado para desmontar, indica que no se usaban en aquel entonces.

Nota 138, pág. 40. F. Kaufmann, *Deutsche Altertumskunde* (Munich, 1923), II, 669, n. 7; éstos pueden ser del siglo IX: cf. Lindenschmidt, op. cit., IV (Maguncia, 1900), lám. 23. K. M. Kurtz, "Die alemannischen Gräberfunde von Pfahlheim im Germanischen Nationalmuseum", *Mitteilungen aus dem Germanischen Nationalmuseum*, Nürnberg, I, (1884-86), 173-74, menciona estribos parecidos de origen merovingio tardío o carolingio primitivo, de Ohringen y Grossingerheim, pero sobre éstos no poseo ninguna otra información. Un estribo encontrado en Gabensdorf puede fecharse hacia fines del siglo VIII; cf. K. Dinklage, "Zur deutschen Frühgeschichte Thüringens", *Mannus*, XXXIII (1941), lám. 6, fig. 2. Basándose en razones puramente estilísticas, H. J. Hundt, "Ein tauschierter Steigbügel von Aholfing", *Germania*, XXIX (1951), 259-61, intenta fechar otros estribos en el siglo VIII más bien que en el IX. Los que fueron rastreados en el río Ucker datan probablemente de comienzos del siglo XI; cf. K. Raddatz, "Steigbügel frühgeschichtlicher Zeit aus der Uckermark", *Berliner Blätter für Vor- und Frühgeschichte*, III (1954), 57-60.

Nota 142, pág. 41. Para estribos dinamarqueses de fines del siglo VIII en adelante, véase J. Brosted, "Danish inhumation graves of the Viking Age", *Acta archaeologica* (Copenhague), VII (1936), 8 1-228. H. Arbman, *Schweden und das karolingische Reich* (Estocolmo, 1937), 221, n. 4, y lám. 69, muestra estribos de una tumba del siglo ilX cerca de Groninga (Holanda). A pesar de II. J. Hundt, loc. cit., los estribos de Immenstad en Schleswig son probablemente del siglo IX; O. H. Handelmann, "Vorgeschichtliches Burgwerk und Brückwerk in Dithmarschen", *Verhandlungen der Berliner Geseilschaft für Anthropologie* (1883), 25, y L. Lindenschmidt, *Alterthümer*, IV, lám. 23. Estribos similares de época temprana fueron encontrados en lagos y ríos: ce. H. J. Hundt, op. cit.; J. Pilloy, "L'Equitation aux époques franque et carolingienne", *Bulletin archéologique* (1894), 164. Para indicios de estribos de los siglos IX y X en Hoistein, Poznan, Prusia Oriental y Noruega, cf. *Zeitschrift für Geschichte von Schleswig-Holstein*, XVI (1886), 411; B. Engel, "Steigbügel des 9. Jahrhunderts", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, II, (1900-02), 418; O. Olshausen, "Bemerkungen über Steigbügel", *Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie* (1890), 207-09; P. Paulsen, "Der Stand der Forschung über die Kultur der Wikingerzeit", *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission*, XXII (1932), 228, láms. 30-31; O. Rygh, Norske oldsager (Oslo, 1885), Nº 587-90.

Nota 155, pág. 43. A. Merton, *Die Buchmalerel in St. Gallen vom neunten bis elften Jahrhundert* (Leipzig, 1912), 38 ss., láms. XXVIII, XXIX; Boinet, op. cit., láms. CXLV, CXLVI; A. Bruckner, *Scriptoria medii aevi helvetica*, *III: St. Gallen II* (Ginebra, 1938), 58, lám. XXI. Otro manuscrito latino, probablemente del siglo IX, que contiene estribos es el Prudencio de la Biblioteca de Berna, Cód. 264,

fol. 31^{v}; cf. R. Stettiner, *Die illustrierten Prudentiushandschriften* (Berlín, 1905), lám. 130; Lefevre des Noëttes, op. cit., fig. 296. En el siglo X se multiplican en Occidente los testimonios de la presencia de estribos: se los encuentra en los *Macabeos* de Leiden, Biblioteca de la Universidad, Cod. Perizoni 17, fols. 22^{r}, 24^{v}, 37^{r} (c. Merton, op. cit., 64-66, láms. LVI, LVII; Lefebvre des Noëttes, op. cit., fig. 298, lo data erróneamente en los comienzos del siglo XI); en dos manuscritos de Prudencio de la Biblioteca Real de Bruselas, MSS. 9987-91, fol. 97 ^{v}, y MSS. 10066-77, fol. 112 ^{v} (Lefebvre des Noëttes, op. cit., fig. 299; Stettiner, op. cit., láms. 68, 169); en el Beatus, que se puede fechar en 975, de los Archivos de la Catedral de Gerona, fol. 134 ^{v} (Neuss, op. cit., I, 22); en el Códice Epternacense de Gotha, del año 990 (aprox.), fols. 19^{r}, 17 ^{v} (K. Lamprecht, "Der Bilderschmuck des Cod. Egberti zu Trier und des Cod. Epternacensis zu Gotha", *Jahrbücher des Vereins von Altertumsfreunden im Rheinlande*, LXX [1881], lám. X); y en un capitel de la iglesia de San Celso, en Milán, anterior a 998 (C. Ramussi, *Milano ne' suoi monumenti* [Milán, 1893], 158, fig. 115).

Nota 157, pág. 43. E. A. Gessler, *Die Trutzwaffen der Karolingerzeit vom VIII. bis zum XI. Jahrhundert* (Basilea, 1908), 32, 43, 60, 101; Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 75. A. France-Lanord, "La Fabrication des épées damassées aux époques mérovingienne et carolingienne", *Pays gaumais*, X (1949), 39, encuentra espadas semejantes ya en el siglo VI, pero en mucho mayor cantidad desde el siglo VIII. Sobre la balística y la evolución de la francisca, que era un proyectil además de un arma para la lucha cuerpo a cuerpo, cf. E. Salin, *La Civilisation mérovingienne, III: Les Techniques* (París, 1957), 40-42. En vista de su opinión de que la tendencia occidental, desde los tiempos romanos, hacia espadas más largas denota la influencia de los jinetes nómadas asiáticos (ibid., 90-94, 109), es curioso que Salin, 58, asegure que la espada carolingia haya sido un arma de infantes y no de jinetes.

Nota 159, pág. 44. La lanza arponada o alada aparece en mosaicos romanos que muestran que se la usaba para cazar jabalíes, osos y leopardos; cf. J. Aymard, *Essai sur les chasses romaines des origines à la fin du siècle des Antonins* (París, 1951), 312-13, láms. XIIc, XVI, XXXIV; E. Salin, "Le Mobilier funéraire de La Bussière-Étable", *Monuments et mémoires publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres*, XLV (1951), 93, n. 1. La ferocidad de estos animales al ser heridos es tal que normalmente para cazarlos se utilizaban lanzas de ese tipo, incluso en siglos recientes, y podemos suponer sin riesgos que las muestras aisladas anteriores a la época carolingia estaban destinadas a la caza y no a la guerra. Los ejemplos germánicos de Salin deben completarse con los provenientes de los cementerios lombardos de Castel Trosino, Nocera

Umbra y Testona (cf. R. Mengarelli en *Monumenti antichi*, XII [1902], 198, fig. 35; R. Paribeni, ibid., XXV [19193, 180, fig. 26; E. y C. Calandra en *Atti della Società di Archeologia e Baile Arti par la Provincia di Torino,* IV, I [1880], 28, lám. 1, figs. 19, 22), con uno de fines del siglo y procedente de Hammelburg en la Baja Franconia (II. Müller-Karpe, "Das Hammelburger Kriegergrab der Vólkerwanderungzeit", *Mainfränkisches Jahrbuch für Geschichte und Kunst*, VI [1954], 205, fig. 2), otro de fines del siglo VII de Baden (A. Dauber, "Ein fränkisches Grab mit Prunklanze aus Bargen, Ldkr. Sinsheim, Baden", *Germania*, XXXIII, 1955, 381-90), otro de la misma fecha, aproximadamente, de Bülach (J. Werner, *Das alamannische Gräberfeld von Bülach* [Basilea, 1953], lam. XXXV, 11), otro de fines del siglo VII o comienzos del VIII sobre una curiosa placa de terracota procedente de Issoire (R. Lentier, "Plaque funéraire de terre cuite mérovingienne", *Jahrbuch des Römisoh-Germanischen Zentralmuseums*, Mainz, I [1954], 237-44, lám. 21), y otro de la primera mitad del siglo VIII, de Hesse (H. Müller-Karpe, *Hessische Funde von der Altsteinzeit bis zum frühen Mittelalter* [Marburgo, 1949], 63-65, fig. 29).

Nota 160, pág. 44. Gessler, op. cit., 43-44, 49, 60. El bien conocido relieve de Hornhausen, que muestra un jinete con escudo y pesada lanza arponada, ha sido fechado en época tan temprana como el siglo VI. Sin embargo, probablemente sea del siglo X; cf. C. A. R. Radford, "The sculptured stones at Hornhausen", *Antiquity*, XVI (1942), 175-77 y lám. IV. El ridículo involuntario en que puede verse enredado incluso un gran sabio, si descuida la técnica, no puede ilustrarse mejor que con el caso de A. Goldschmidt, *An Early Manuscript of the Aesop Fables of Avianus* (Princeton, 1947), 25, quien, al comentar un dibujo de los siglos VIII-X de un rey a caballo, dice: "La característica lanza larga que se observa en las monedas imperiales bizantinas se le atribuye también al *rex regum*, y, mediante una corta pieza atravesada, se ajusta a una connotación cristiana".

Nota 162, pág. 44. Las piezas atravesadas que llevaban las nuevas lanzas eran tan conspicuas y fáciles de representar que los artistas no tardaron en adoptarlas, cf. G. Kossina, *Germanische Kultur im I. Jahrtausend nach Christus,* I (Leipzig, 1932), figs. 347, 352. Sin embargo, la representación de la lanza apoyada se impuso muy lentamente: carecía de la magnificencia del gesto propio del golpe que se asesta con el brazo y que puede apreciarse aún en el tapiz de Bayeux, en una época en que raras veces se lo podía haber visto en combate. En las representaciones resulta a menudo difícil distinguir la lanza pesada del *espieu* o lanza liviana destinada a ser arrojada con violencia desde prudente distancia. Esta aparece todavía en el tapiz de Bayeux, pero dejó de usarse hacia fines del siglo XII; cf. U. T. Holmes (h.), *Daily Living in the Twelfht*

Century (Madison, 1952), 171. R. Crozet, "Nouvelles remarques sur les cavaliers sculptés ou peints dans les églises romanes", *Cahiers de civilisation médiévale*, I (1958), 27-36, destaca la complejidad e importancia de la tradición inconográfica en tales imágenes. Las primeras representaciones de la lanza apoyada se registran en la Biblioteca Municipal de Berna, MS. 264, fols. 31^{r}, 32^{r}, probablemente del siglo IX (cf. Stettmner, op. cit., láms. 129, 131), y en la gran Biblia de San Pablo Extramuros (cf. Gessler, op. cit., 55). Ejemplares del siglo X pueden verse en la Biblioteca Real de Bruselas, MSS. 9987-91 (cf. Stettiner, op. cit., lám. 68), y en la Biblioteca de la Universidad de Leiden, Cod. Perizoni 17 (cf. Merton, op. cit., lám. LV). Lefebvre des Noëttes fecha alrededor de 1120 su ejemplo más antiguo de lanza apoyada (op. cit., fig. 304); en cambio Neuss, op. cit., 1, 34, II, fig. 183, la sitúa entre 1028 y 1072; cf. también R. S. Loomis, "Geoffrey of Monmouth and the Modena archivolt", *Speculum*, XIII (1938), 227; M. Schapiro, "From Mozarabic to Romanesque in Silos", *Art Bulletin*, XXI (1939), 358, acorta ese intervalo a 1050-1072 (aprox.). M. Avery, *Exultet Rolls* (Princeton, 1936), lám. LXXIV, ofrece un ejemplo de comienzos del siglo XI. La artificialidad de muchas representaciones artísticas y la persistencia de la antigua convención del ademán de ataque se manifiestan en forma admirable en una portada de 1611 que muestra a un caballero con armadura completa de fines de la Edad Media, el cual blande su lanza de la manera clásica y se halla flanqueado por Atenea y Hércules; cf. A. Gilbert, "Fr. Lodovico Melo's Rules for Cavalry", *Studies in the Renaissance*, I (1954), lám. 1. En la literatura feudal se advierte una progresiva comprensión de los elementos dramáticos del combate a la carga, asignándose cada vez más importancia a la velocidad del caballo en el momento del ataque, que daba la medida de la violencia del impacto de la lanza, y a la representación del gesto de mantener la lanza en posición de apoyo mientras el caballo acometía; cf. K. Grundmann, "Zur Entwicklung der Schilderung des Lanzenkampfes in der höfischen Epik", *Collegii Assistentium Universitatis J. Pilsudski Varsoviensis commentarii annales*, I (1936), 359-66, 374.

Nota 165, pág: 45. Uno de los misterios no resueltos de la historia económica es la repentina transición de los francos, hacia el año 700, de un patrón oro a un patrón plata; cf. F. Lot, "De la circulation de l'or du IV^{e} au VII^{e} siécle", en sus *Nouvelles recherches sur l'impôt foncier et la capitation personnelle sous le bas-empire* (París, 1955), 146. Incluso Italia y la España musulmana dejaron de acuñar oro en esa época; cf. C. M. Cipolla, *Money, Prices and Civilization in the Mediterranean World, Fifth to Seventeenth Century* (Cincinnati, 1956), 20, n. 14. A. R. Lewis, "Le Commerce et la navigation sur les côtes atlantiques de la Gaule du V^{e} au VIII^{e} siécle", *Mayen âge*, LX (1953), 278-80, insiste en que la transición del oro a la plata a fines del siglo VII guarda relación con la

excavación de nuevas minas de plata en Galia e Inglaterra, y es un signo de actividad comercial más bien que de recesión económica. Empero, R. Doehaerd, "Les Réformes monétaires carolingiennes", *Annales: économies, sociétés, civilisations*, VII (1952), 19, demuestra que las proporciones utilizadas en la acuñación del nuevo penique carolingio se basaban en el sistema musulmán, lo que revelaría que la circulación monetaria era más importante en Oriente que en las regiones de los francos.

Nota 169, pág. 46. H. Fehr, "Das Waffenrecht der Bauern im Mittelalter", *Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Germ. Abt. XXX*V (1914), 116. Esta posición ortodoxa ha sido brillantemente cuestionada, pero creo que sin éxito, por H. Dannebauer, "Die Freien im karolingischen Heer", en *Aus Verfassungs - und Landesgeschichte: Festschrift für T. Mayer* (Lindau, 1954), I, 49-64, el cual sostiene que la noción de una obligación general de todos los hombres libres a prestar servicio militar significa adjudicar a los francos un concepto del siglo XIX: alega que tal servicio sólo les era exigido a quienes se hallaban establecidos en tierras reales (*centenae*). Si bien, salvo en casos de emergencia total y desesperada, las simples consideraciones logísticas habrían impedido el reclutamiento en el ejército de toda la población masculina libre, no obstante, en todos los reinos germánicos parece haber habido bastante tribalismo residual como para equiparar al hombre civil libre con el guerrero.

Nota 170, pág. 46. A pesar de ello, parece improbable la idea de que a veces los infantes armados se presentasen únicamente con mazas, no obstante el *Capit. Aquisgranense* (801-813), párr. 17: "Quod nullus in hoste baculum habeas, sed arcum", *MGH*, Cap. I, 172. Mangoldt-Gaudlitz, op. cit., 61, corrige inteligentemente *baculum* por *jaculum*, y en ese caso el Capitulario indicaría un esfuerzo de Carlomagno por organizar su infantería para que cooperase eficazmente con su caballería. La jabalina acercó tanto a los bandos enemigos en el combate, que la caballería no podía cargar eficazmente sin atropellar a sus propios infantes. En la Antigüedad la caballería generalmente había protegido los flancos, pero en la disposición de batalla medieval, plenamente evolucionada, la caballería tomó posición a la retaguardia de la infantería, con patrullas a los flancos. Los infantes iniciaban la batalla con una lluvia de flechas, y luego la caballería cargaba sobre el enemigo a través de claros dispuestos entre las unidades de sus propios arqueros; cf. ibid., 83. K. Rübel, "Frankisches und spätromanisches Kriegswesen", *Bonner Jahrbücher*, CXIV (1906), 138, señala que se encuentran por primera vez puntas de flechas de los francos en excavaciones de fortificaciones de los últimos años de Carlomagno. Las flechas utilizadas para la guerra (a diferencia de las flechas para la caza) tendieron cada vez más a perder sus lengüetas, ya que una forma más simple podía

penetrar mejor la armadura, que iba siendo cada vez más pesada; cf. *London Museum Medieval Catalogue* (Londres, 1940), 66-69. A pesar de su estrecha cooperación táctica con los arqueros, los caballeros medievales despreciaban las armas arrojadizas como propias de los estratos sociales inferiores; cf. A. T. Hatto, "Archery and chivalry: a noble prejudice", *Modern Language Review*, XXXV (1940), 40-54.

Nota 179, pág. 48. *De procinctu Romanae miliciae*, ed. E. Dümmler, en *Zeitschrift für deutsches Altarthum*, XV (1872), 444 as. En esta sección 3, Rábano se aparta sensiblemente de su modelo, *Epitome rei militaris*, I, 4, de Vegecio (el texto en bastardilla es una paráfrasis de Vegecio): "*Legabantur autem et assignabantur apud antiquos milites incipiente pubertate*: quod et hodie servatur, ut videlicet pueri et adholescentes in domibus principum nutriantur, quatinus dura et adversa tollerare discant, famesque et frigora caloresque solis sufferre. *Nam si haec aetas absque exercitio et disciplina praeterierit statim corpus pigrescit*. Unde et vulgaricum proverbium ac nostris familiare est quod dicitur: in pube posse fieri equitem, malaria vero aetatis aut vix aut nunquam." Puesto que en su dedicatoria al rey Lotario (ibid., 450), Rábano afirma que, al condensar a Vegecio, ha eliminado aquellas cuestiones "quae tempore moderno in usu non sunt", su insistencia (446-47) en la discusión de Vegecio (op. cit., I, 11-16) sobre el uso de un poste como muñeco que servía de blanco para adiestrar a los combatientes, probablemente señale el desarrollo del estafermo hacia el siglo IX. Aunque no menciona los estribos, Rábano agrega como apéndice (448) a la descripción que hace Vegecio (op. cit., I, 18) del uso de caballos de madera para enseñar a hombres armados a montar, esta nota: "Quod videlicet exercitium saliendi in Francorum populis optime viget". El aumento de tamaño de las lanzas de caballería se indica en la misma sección; Vegecio habla de *conti*, Rábano de *conti praemagni*. Con respecto a la fecha de la obra, la teoría de Dümmler (451) de que Rábano, hombre de unos ochenta años, la compuso en 855-856 durante los últimos cuatro meses de su vida, parece innecesaria, ya que después de muerto Luis (840), Rábano se había puesto de parte de Lotario.

Nota 181, pág. 48. Por extraño que parezca, es poco lo que se sabe del origen y difusión de la ceremonia de armar caballeros; cf. M. Bloch, *La Société féodale: les classes* (París, 1949), 49-53, 263; G. Cohen, *Histoire de la chevalerie en France au mayen âge* (París, 1949), 183-90. *The Anglo-Saxon Chronicle*, ed. J. Ingram (Londres, 1823), 290, dice que en 1086 el rey Guillermo "armó caballero a su hijo Enrique en Westminster el día de Pascua". Si bien E. H. Massmann, *Schwertleite und Ritterschlag dargestellt auf Grund der mittelhochdeutschen literarischen Quellen* (Hamburgo, 1932), 209,

comprueba la práctica de armar caballeros en Alemania en el siglo XII, F. Pietzner, *Schwertleite und Rittarschlag* (Bottrop, Westfalia, 1934), 129, insiste en que no hay pruebas de esta ceremonia en Alemania antes de 1312. K. J. Hollyman, op. cit., 132, a. 27, demuestra que la voz *miles* comenzó a tomar marcadas connotaciones de dedicación religiosa ya en el siglo V; y A. Wass, *Geschichte der Kreuzzüge* (Friburgo, 1956), I, 37, 49, descubre una de las raíces de las Cruzadas en una característica *Ritterfröimigkeit* que puede ser tan antigua como la época de Carlomagno. Los ritos de armar caballeros tal vez hayan surgido de formas anteriores de bendecir a un *defensor ecclasiae*. M. Andrieu, *Le Pontifical romain du XII^e siècle* (Ciudad del Vaticano, 1938), 75, 302, describe una liturgia compilada en Maguncia alrededor de 950, que es ambigua en sus referencias a *defensor* y *miles*, pero que incluye la bendición del pendón, la lanza, la espada y el escudo del caballero.
Observa Andrieu que, si bien en esta liturgia del siglo X no se mencionan las espuelas, en una copia italiana del siglo XIII una mano algo posterior ha añadido al manuscrito una oración *ad calcaria*. A pesar de que en el Norte de Europa se habían usado comunmente espuelas desde el período de La Tène (*supra*, pág. 17, n. 5), sólo después de la aparición del estribo se las consideró dignas de ser doradas. Una espuela de oro de fines del siglo VIII proviene de Pfahlheim, en Würtemberg (L. Lindenschmidt, Alterthümer, V [1911], 228, lám. 42, Nº 691); tenemos un magnífico par de fines del siglo IX, procedente de Mikulčice, en Moravia (J. Paulík, "Some early Christian remains in Southern Moravia", *Antiquity*, XXXII [1958], 165, lám. XIXa), uno del siglo X, de Noruega (*The Listener*, LXI [1959], 170), y uno de Hamburgo, aprox. del año 1000 (R. Schindler, en *Germania*, XXXI [1953], 224-25, lám. 22, Nº 1). Sobre la posterior ornamentación de las espuelas, véase E. M. Jope, "The tinning of iron spurs: a continuous practice from the tenth to the seventeenth century", *Oxoniensia*, XXI (1956), 35-42. Massmann, op. cit., 156-60, no halla indicios en las fuentes alemanas vernáculas de que las espuelas doradas tuviesen valor simbólico antes de fines del siglo XIII. Sin embargo, la *Vita Henrici IV imperatoris*, c. 8, ed. W. Eberhard (Hannover, 1899), 28, escrita poco después de 1106, probablemente en Maguncia o en Speyer, indica que las espuelas de oro eran entonces habituales entre los caballeros alemanes; y F. Ganshof, "Qu'est-ce que la chevalerie?", *Revue générale belge* (1947), 79, opina que desde el siglo XII se utilizaban espuelas, a menudo doradas, en las ceremonias de armar caballeros.

Nota 187, pág. 50. *The Bayeux Tapestry*, ed. F. Stenton (Londres, 1957). No obstante, la Biblia Farfa, catalana, de la primera mitad del siglo XI, Biblioteca Vaticana, MS. lat. 5729, fols. 342^r, 352^r, muestra dibujos bien individualizados en los escudos; hay fotografías en el Indice Princeton de Arte Cristiano; en

cuanto a la fecha y procedencia, cf. W. Neuss, *Die katalanische Bibelillustrationen* (Leipzig, 1922), 28. E. Gritzner, *Sphragistik, Heraldik, deutsche Münzgeschichte*, (Leipzig, 1912), 62, tiene probablemente razón al sostener que los estandartes militares y no los escudos decorados fueron el origen de la heráldica medieval.

P. Paulsen, "Feldzeichen dar Normannen", *Arvhiv für Kulturgeschichte*, XXXIX (1957), 3-6, observa, sin explicarlo, que si bien los estandartes militares habían sido comunes entre los romanos y los bárbaros, no aparecen agregados a una lanza hasta el siglo X. Se dice que un desaparecido mosaico de 796-800 en San Juan de Letrán mostraba un *vexillum Romanee urbis* a modo de flámula sobre una lanza (cf. P. E. Schramm, *Herrschaftszeischen und Staatssymbolik* [Stuttgart, 1954], 496, 650), pero el boceto que se conserva puede ser inexacto. A partir de Conrado I (911-918), se suele representar al emperador alemán con una lanza provista de pendón; la tradición comienza en 915 en Italia con Berengario (ibid.,

499). La famosa Santa Lanza del Tesoro Imperial, que parece ser una lanza alada precarolingia (ibid., fig. 72; *supra*, pág. 163), es mencionada por primera vez en 939 en posesión de Otón I (ibid., 501). Provista de un pendón, pronto se convirtió en estandarte imperial. Es preciso reconocer que los estandartes de lanza y pendón de los monarcas del siglo X tienen origen no sólo en la tecnología militar de la época, sino quizá también en el antiguo uso etrusco y romano de una lanza (sin pendón) como símbolo de autoridad; cf. J. Deér, "Bizanz und die Herrschaftszeichen des Abendlandes", *Byzantinische Zeitschrift*, I (1957), 427-430;

A. Alföldi, "Hasta-summa imperii: the apear as embodiment of sovereignty in Rome", American Journal of *Archaeology*, LXIII (1959), 1-27.

Hemos visto (*supra*, pág. 24, a 38) que, para impedir que la lanza penetrara demasiado, algunos nómadas de Asia sujetaban colas de caballo detrás de la hoja. Cabe presumir que las colas de la lanza de un jefe se convirtieron en estandarte militar; en 866, al responder a las preguntas del rey de Bulgaria, el papa Nicolás I dice: "Quando proelium inire soliti eratis, indicatis vos hactenus in signo militari caudam equi portasse"; *MGH*, *Epp*. VI, 580. Sin embargo, en ese entonces se usaban en Asia lanzas para dos manos, provistas de flámulas (*supra*, pág. 24, n. 37, y M. Mavrodinov, "Le Trésor protobulgare de Nagyszentmiklós", *Archaeologia hungarica*, XXIX [1943], 115, hg. 74) y en los Balcanes (ibid., 126, fig. 79 y lám. IV; también G. László, "Notes sur le trésor de Nagyszentmiklós", *Folia archaeologica*, IX [1957], 151-52). El Salterio Chludoff (*supra*, pág. 42, a. 148), de fines del siglo IX o comienzos del X, muestra (fol. 97^{v}) a un jefe con un pendón en su lanza (fol. 26^{v}) y dos soldados con simples cintas de género anudadas debajo de la punta de sus lanzas. En el siglo X los búlgaros del Volga usaban pendones en sus lanzas; cf. J. Harmatta, "Ibn Fadlan

über die Bestattung bei den Wolga-Bulgaren", *Archaeolagiai értesítö*, nueva serie, VII-IX (1946-48),
362-381. Como la pieza metálica atravesada que llevaban las lanzas aladas carolingias podía a veces engancharse peligrosamente en la armadura de la víctima y ocasionar así dificultades para retirar la lanza, el pendón de los nómadas la había desplazado por lo común en Occidente hacia fines del siglo X; por ejemplo, en la Biblioteca Nacional de Madrid, MS. B. 31, San Jerónimo, *In Danielem*, fol. 269^{r}, que puede fecharse en 975 (fotografía en el Indice Princeton de Arte Cristiano), muestra un pendón triangular sobre una lanza, en tanto que una miniatura del año 1000 (aprox.) muestra tanto una pieza transversal como un pendón sobre una lanza-estandarte que un santo obsequia a un guerrero a caballo; *Proceedings of the Society of Antiquaries*, XXIV (1911-12), 168, fig. 17. Mil años después, aunque se han olvidado sus orígenes en la tecnología militar, todavía se coloca habitualmente una bandera nacional en la punta de una lanza.

Nota 197, pág. 51. La ballesta se usó ampliamente en China por lo menos desde los comienzos de la época Han; cf. H. T. Horwitz, "Die Armbrust in Ostasien", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, VII (1916), 155-83; "Zur Entwicklungsgeschichte der Armbrust", ibid., VIII (1920), 311-17, IX (1921), 73, 114, 139, y "Über die Konstruktion von Fallen und Selbstschussen", *Beiträge zur Geschichte der Technik*, XIV (1924), 96-100; C. M. Wilbur, "History of the cross-bow", *Annual Report of the Smithsonian Institution* (1936), 435. La ballesta china estaba provista de un gatillo característico y eficaz, cuya exportación se hallaba prohibida, y cuyas partes móviles sólo podían ser reproducidas por un artesano muy hábil; cf. H. H. Dubs, "A military contact between Chinese and Romans in 36 B. C", *T'oung pao*, XXXVI (1940), 69-71. Sin embargo, se ha encontrado en Taxila una parte de un gatillo de ballesta Han, que corresponde al siglo I de nuestra era; cf. S. van R. Cammann, "Archaeological evidence for Chinese contact with India duning the Han dynasty", *Sinologica*, V (1956), 10-19. En el año 36 a. C. los ejércitos chinos utilizaban ballestas en Sogdiana cuando, al parecer, capturaron a más de cien soldados romanos que habían sido también prisioneros de los partos desde el 54 a. C.; los chinos los establecieron en la provincia de Kansu, en una nueva ciudad denominada con la palabra china que designaba a Roma; cf. H. H. Dubs, "A Roman city in ancient China", *Greace and Rome*, IV (1957), 13948. Por esos conductos, sin duda, llegó a Occidente la idea de la ballesta, si no el disparador de los chinos. Sin embargo, no fue muy empleada por los romanos: curiosamente, las dos representaciones que de ella se conservan, ambas del siglo I-II de nuestra era, se hallan en Le Puy, pero parecen ser auténticas; cf. R. Gounot, *Collections lapidaires du Musée Crozatier du Puy-en-Velay* (Le Puy,

1957), 22, 75, 90, láms. XVIII, XXXII. No se la puede rastrear con anterioridad: la *cheiroballista* de Herón es un mito; cf. R. Schneider, "Herons Cheiroballista", *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Rom*, XXI (1906), 142-168. J. Hoops, "Die Armbrust im Frühmittelalter", *Würter und Sachen*, III (1912), 65-68, sostiene, basándose en la interpretación de un enigma anglosajón sumamente ambiguo, que la ballesta se siguió usando en la Alta Edad Media. Por cierto, la principal difusión de la ballesta se registró desde Europa y no desde China: el sencillísimo disparador de las ballestas de la bahía de Benin deriva probablemente de un tipo usado hasta hace poco en Noruega y presumiblemente introducido en Africa a fines de los siglos XV o XVI, no por los portugueses sino por los dinamarqueses, holandeses o ingleses; cf. H. Balfour, "The origin of West African crossbows", *Annual Report of the Smithsonian Institution* (1910), 635-50; mientras que los disparadores de las ballestas de Malabar, Cochun y Travancore son de tipo europeo, y en tamil y malayālam esas armas se llaman "francas" (*parangi*, de *feringhi*); cf. J. Hornell, "South Indian blowguns, boomerangs, and crossbows", *Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, LIV (1924), 318-46; cf. *supra*, pág. 52, nota 208.

Nota 209, pág. 53. Ibld., 145. J. Oliven Asín, "Origen árabe de *rebato*, *arrobda* y sus homónimos: Contribución al estudio de la historia medieval de la táctica militar", *Boletín de la Real Academia Española*, XV (1928), 388, cita una variante textual. El período exacto de esta influencia de los francos sobre la España musulmana queda aún por determinar. El viajero del siglo X Ibn Haukal critica el aspecto de la mayoría de los jinetes andaluces, ya sea porque no usaban estribos o porque dejaban colgar las piernas fuera de ellos; cf. R. Dozy, *Spanish Islam* (Londres, 1913), 493. Sobre el conflicto entre las prácticas de los francos y de los norteafricanos en materia de combate a caballo en España, véase L. Mercier, "Les Écoles espagnoles dites de la Bride et de la Gineta (ou Jineta) ", *Revue de cavalerie*, XXXVII (1927), 301-15: la lanza requería un estribo largo; el arco y la jabalina, uno corto.

Nota 216, pág. 54. C. Stephenson, "Feudalism and its antecedents in England", *American Historial Review*, XLVIII (1943), 260-65; H. Mitteis, *De Staat des hohen Míttelalters: Grundlinien einen vergleichenden Verfassungsgeschichte des Lehenzeitalters*, 4ª ed. (Weimar, 1953), 211-15. F. Barlow, *Feudal Kingdom of England, 1042-1216* (Nueva York, 1955), 11, cree que existían tendencias feudales en la época anglosajona, pero T. J. Oleson, *The Witenagemot in the Reign of Edward the Confessor* (Toronto, 1955), 96, se acerca más a la verdad cuando asegura que "la monarquía y la sociedad anglosajonas se parecían

mucho más a la monarquía y sociedad merovingias primitivas que a las del siglo XI tanto de Francia como de Escandinavia". Barrow, op. cit., 37-38, 42, afirma correctamente que Guillermo no tenía intención alguna de subvertir las instituciones anglosajonas cuando por primera vez conquistó Inglaterra: sólo procedió así cuando observó que la estructura social y legal existente no podía sostener el régimen militar que él consideraba esencial para su poder. C. W. Hollister, "The significance of scutage rates in eleventh-and twelfth-century England", *English Historical Review*, LXXV (1960), 577-89, y en un artículo que aparecerá próximamente en la *American Historical Review* destaca acertadamente que Guillermo preservó el *fyrd* y la tradición anglosajona de dos meses de servicio militar, a diferencia del término de cuarenta días, habitual en el continente.

Nota 3, pág. 56. Las pruebas son difusas, pero el hecho esencial parece claro; cf. L. Beck, *Geschichte des Eisens* (Brunswick, 1884), I, 730-37; A. R. Lewis, *The Northern Seas: Shipping and Commerce in Northern Europe, A. D. 300-1100* (Pninceton, 1958), 196-97. En los siglos VIII y IX las técnicas de producción en masa de bisutería que se habían desarrollado en el siglo VII (cf. E. Salín, *La Civilisation mérovingienne, III: Les Techniques* [París, 1957], 196, 202) se aplicaron en la Renania a la manufactura de grandes cantidades de espadas, en parte para exportarlas al Oriente, donde eran muy apreciadas; ibid., 97, 105-07, 111-12, 196; A. Zeki-Validi, "Die Schwerter der Germanen nach arabischen Berichten des 9.-li. Jahrhunderts", *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gasellschaft*, XC (1936), 19-37. Según H. H. Coghlan, "A note upon iron as a material for the Celtic sword", *Sibrium*, III (1956-57), 132: "por los testimonios de que disponemos actualmente, parecería que el arte del buen temple pertenece a una época posterior al período romano".

Note 17, pág. 61. E. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs, statues, et bustes de la Gaule romaine, IV* (París, 1911), Nº 3245; R. Lefebvre des Noëttes, *L'Attalage et le cheval de selle à travers les âges* (París, 1931), 85. C. Bicknell, *The Prehistoric Rock Engravings in the Italian Maritime Alps* (Bordighera, 1902), muestra toscos petroglifos de la Edad de Bronce que parecen representar tiros de arados de 3, 4, 5 y 6 bueyes; cf. P. V. Glob, "Plough carvings in the Val Camonica", *Kuml* (1954), 15-17; E. G. Anati, "Rock engravings in the Italian Alps", *Archaeology*, XI (1958), 30-39, el cual distingue cuatro períodos, el último de ellos protoetrusco. F. G. Payne, en *Archaeological Journal*, CIV (1947), 84, admite que uno de éstos representa un arado de 6 bueyes; en cambio J. G. D. Clark, *Prehistoric Europe, the Economic Basis* (Londres, 1952), 101-02, señala que estos tiros de 3 y 5 bueyes son técnicamente imposibles, y opina que los aparentes tiros de 4 y 6 bueyes son meros ejemplos de dos o tres arados con

tiros de 2 bueyes cada uno que trabajaban a muy corta distancia en un mismo campo, como en un modelo chipriota de la Edad de Bronce; véase su lámina VIb.

Nota 19, pág. 62. Atharva-Veda, VI, 91, I, tr. M. Bloomfield (Oxford, 1897), 40; cf. H. Zimmer, *Altindisches Leben: die Cultur der vedischen Arier* (Berlín, 1879), 237; J. Bloch, "La Charrue védique", *Bulletin of the School of Oriental Studies*, VIII (1936), 411-12. Haudnicourt y Delamarre, op. cit., 171, sospechan que los pasajes védicos y el del Libro I de los Reyes, XIX, 19, se refieren a sucesivos arados en un campo y no a varios yugos de un mismo arado. A. K. Y. U. Aiyer, *Agriculture and Alliad Arts in Vedic India* (Bangalore, 1949), 14, cita el *Yajur Veda*, 189, 20: "Que la afilada reja del arado hienda el suelo y empuje los terrones a ambos lados de los surcos", lo que indica un arado liviano. A pesar de la creencia ortodoxa hindú de que los textos védicos han sido transmitidos sin alteración desde la Antigüedad remota, sería temerario, en el estado actual de los estudios eruditos sobre la India, aceptar una temprana fecha aria para un determinado pasaje.

Nota 20, pág. 62. A. Steensberg, op. cit., 253-55; G. Hatt, "L'Agriculture préhistorique de Danemark", *Revue de synthsèse*, XVII (1939), 89; pero cf. *History of Technology*, ed. C. Singer, II (1956), 87, n. 1, fig. 47. Han surgido crecientes sospechas sobre la datación de este arado a comienzos de la Edad de Hierro mediante análisis de polen: puede haberse hundido en la turba o haber sido arrojado en ella, con carácter de sacrificio; cf. Clark, op. cit., 106; Bratanič, op. cit., 52; S. Gasiorowski, "Some remarks on the wheel plow of Late Antiquity and the Middle Ages", *Kwartalnik historii kulturny materialnej*, II (1954), 835-36; Haudricourt y Delamarre, op. cit., 351-52. Sin embargo, G. Mildenberger, "Den Pflug im vorgeschichtlichen Europa", *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Leipzig*, V (1951-52), 70-73, sigue aceptando tanto las ruedas como la fecha, aunque observa que todos los hallazgos de arados en Jutlandia corresponden probablemente a entierros de ofrendas religiosas; cf. también B. Brentjes, "Untersuchungen zur Geschichtes des Pfluges", *Wissanschaftliche Zeitschrift der Universität Halle-Wittenberg*, III (1952-53), 398.

Nota 37, pág. 64. H. Mortensen y K. Scharlau, "Die siedlungskundliche Wert der Kartierung von Wüstungsfluren", *Nachrichten der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Phil.-hist. Kl.* (1949), 328; H. Jáger, "Zur Wüstungs- und Kulturlandschaftsforschung", *Erdkunde*, VIII (1954), 303; Kernidge, op. cit., 14-36. En un cuidadoso estudio local de campos fósiles, XV. R. Mead, "Ridge and furrow in Buckinghamshire", *Geographical Journal*, CXX (1954), 35-38, encontró que en distintos lugares la diferencia entre cresta y surco variaba de casi un metro a

unos pocos centímetros, y en ancho las franjas variaban en casi 13 metros; empero, no pudo hallar ninguna correlación entre estas mediciones y el tipo de suelo. R. Aitken, "Ridge and furrow", ibid., 260, señala que los campesinos más tarde o más temprano invertían su método de arar una determinada franja para impedir que se levantara mucho, y que las mediciones de un campo fósil sólo proporcionan su escala tal cual estaba en el momento de ser abandonado. Sin embargo, pocas dudas caben de que, así como los campos en secano generalmente se dejaban sin arar, los terrenos húmedos se araban según el sistema de surcos proporcionalmente a las necesidades de avenamiento; por ejemplo, en algunas de las tierras bajas escocesas había una diferencia de elevación de unos 90 centímetros entre cresta y sunco, en franjas con un ancho no mayor de 6 a 9 metros; cf. A. Birnie, "Ridge cultivation in Scotland", *Scottish Historical Review*, XXIV (1927), 195.

Nota 88, pág. 64. II. Mortensen, "Neue Beobachtungen über Wüstungs-Bandfluren und ihre Bedeutung für die rnittelalterliche deutsche Kulturlandschaft", *Berichte zur deutschen Landeskunde*, X (1951), 354. Mortensen, 355, indica que una de las razones de la declinación, en la Baja Edad Media, de los cultivos del tipo cresta y sunco puede haber sido el ensayo de procedimientos más satisfactorios para fertilizar el suelo, tales como el abono con marga, con pasto o con más abundante estiércol. Virgilio había instado a los agricultores a echar cenizas de madera en sus campos; cf. P. Juon, "Düngung in der Urzeit", *Agrarpolitische revue,* VI (1949-50), 376. Tanto los sistemas de dos como de tres campos, al asegurar el pastoreo regulan de los rebaños en la tierra arable, incrementaban el abono natural; mientras que el aumento de las cosechas de leguminosas con el sistema de rotación de tres campos ayudaba a fijar nitrógeno en el suelo; cf. *supra*, pág. 91. No existe una historia adecuada de los fertilizantes agrícolas; cf. R. Grand, *L'Agriculture au moyen âge* (París, 1950), 260-69.

Nota 76, pág. 71. Como ejemplos recientes del tipo de trabajo que va rectificando gradualmente el cuadro de la difusión de los campos abiertos que nos da el mapa incluido en la obra pionena de Gray, op. cit., véase H. P. R. Finberg, "The open field in Devon", en W. G. Hoskins y H. P. R. Finberg, *Devonshire Studies* (Londres, 1952), 265-88; A. H. Slee, "The open fields of Braunton", *Devonshire Association Report and Transactions*, LXXXIV (1952), 142-49; V. Chapman, "Open fields in West Cheshire", *Transactions of the Historic Society of Lancashire asid Cheshire*, CLV (1952), 35-39; D. Sylvester, "Open fields of Cheshire", ibid., CVIII (1956), 1-33; R. R. Rawson, "The open field in Flintshire, Devonshire and Cornwall", *Economic History Review*, 2ª serie, VI (1935), 51-54; G. C. Homans, "The rural sociology of medieval England", *Past and Present*, IV

(1953), 32-43; A. Harris, "'Land' and ox-gang in the East Riding of Yorkshire", *Yorkshire Archaeological Journal*, XXXVIII (1955), 529-35; W. G. Hoskins, *The Midland Peasant* (Londres, 1957); M. Davis, "Rhosili open field and related South Wales field patterns", *Agricultural History Review*, LV (1956), 80-96; D. Sylvester, "Iba common fields of the coastlands of Gwent", Ibid., VI (1958), 9-26. Para el caso de Irlanda, véase recientemente J. Otway-Ruthven, "The organization of Anglo-Irish agriculture in the Middle Ages", *Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland*, LXXXI (1951), 1-13; D. McCourt, "Infield and outfield in Ireland", *Economic History Review*, 2ª serie, VII (1954-55), 369-76.

Nota 79, pág. 72. Para satisfacer la necesidad de forraje para el ganado se recurrió al uso de la guadaña. A. Steensberg, *Ancient Harvesting Implements* (Copenhague, 1943), 225-49, explica que (tal vez debido a que el desmejoramiento de las condiciones climáticas obligó a guardar el ganado en los establos durante períodos más prolongados) las guadañas largas comenzaron a utilizarse en Europa Septentrional en tiempos de los romanos, sobre todo para cortar el heno: la cosecha de los granos se hacía con la hoz. Hacia el siglo IX, por lo menos, eran más comunes las guadañas y se incrementó su eficacia agregando al mango asas laterales. A. Timm, "Zur Geschichte der Erntegeräte", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, IV (1956), 30, correlaciona la difusión de la guadaña con la presión demográfica de comienzos de la Edad Media, el desmonte de los bosques y el aumento de la alimentación del ganado en establos. Carlomagno rebautizó al mes de julio con el nombre de *Hewimânoth* o "mes de la cosecha del heno" (*supra*, pág. 73, n. 81) y en un calendario ilustrado anterior al 830 se lo personifica con una guadaña, mientras que agosto, el "mes de las cosechas", lleva una hoz; cf. H. Stern, "Poésies et représentations carolingiennes et byzantines des mois", *Revue archéologique*, XLVI (1955), 143, fig. 1; 146. En vista de la antigüedad de los testimonios romanos sobre la existencia de la guadaña, de su ausencia en la región bizantina y de la total carencia de testimonios merovingios sobre ella, J. LeGall, "Les 'falces' et la 'faux'", *Études d'archéologie classique, II: Annales de l'Est*, Nº 22 (1959), 55-72, se pregunta si se la habrá conocido (al Sur de Escandinavia) antes del siglo IX.

Nota 85, pág. 74. *Dictionnaire d'archéologie chrétienne et de liturgie*, VI (1924), 2056. G. Carnot, *La Fer à cheval à travers l'histoire et l'archéologie* (París, 1951), reseña la literatura anterior y no encuentra nada convincente antes del siglo IX-X. Desde entonces M. Hell, "Weitere keltische Hufeisen aus Salzburg und Umgebung", *Archaeologia austriaca*, XII (1953), 44-49, y H. E. Mandera, "Sind die Hufeisen der Saalburg römisch?", *Saalburg-Jahrbuch*, XV (1956), 29-37, defiende las dataciones tempranas, en tanto que L. Armand-Caillat, "Les

Origines de la ferrure à clous", *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, III (1952), 32-36; P. Lebel, "La Ferrure à clous des chevaux", ibid., 178-71; F. Franz, "Kannten die Römer Hufeisen?", *Der Schlern*, XXVII (1955), 425, y M. U. Kasparek, "Stand der Forschung über den Hufbeschlag des Pferdes", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, VI (1958), 38-43, coinciden en que no es anterior al siglo IX-X.

Nota 99, pág. 76. *L'Attelage et le cheval de selle à travers les âges* (París, 1931), 159, muestra que un tiro de caballos o mulas que hoy arrastraría unos 2000 a 2500 kilos, sólo podría arrastrar alrededor de 500 kilos con los arreos antiguos. A. P. Usher, *History of Mechanical Inventions*, 2ª ed. (Cambridge, Mass., 1954), 157, llega a la conclusión, basándose en las tablas de trabajo normal efectuado por caballos, computadas a fines del siglo XIX, de que "el rendimiento de los antiguos animales de tiro con sus arneses no pasaba de un tercio del que podría esperarse en los tiempos modernos". Agrega, empero, que "las cifras de la tabla moderna son marcadamente bajas", y que la afirmación de "que los animales alcanzaban en la Antigüedad sólo un tercio del rendimiento previsto en la actualidad es en realidad un enunciado moderado, más una subestimación que una sobreestimacíón. Por lo tanto, podemos aceptar las apreciaciones de Lefebvre des Noëttes como cercanas a la realidad. A. Burford, "Heavy transport in classical Antiquity", *Economic History Review*, 2ª serie, XIII (1960), 1-18, recalca lo inadecuado de los antiguos arneses de caballo, pero subraya debidamente el hecho de que, pese a esta relativa ineficacia, los antiguos lograron excelentes resultados mediante el empleo de bueyes.

Nota 100, pág. 76. H. Schäfer, "Altaegyptische Pflüge, Joche und andere landwirtschaftliche Geräte", *Annual of the British School at Athens*, X (1903-04), 133, fig. 8, muestra un relieve del tiempo de Amenofis IV con un arado tirado por dos onagros, y en pág. 135, n. 1, cita un cuento del Reino Nuevo que habla de caballos en el arado. P. V. Globb, "Plough carvings in the Val Camonica", *Kuml* (1954), 7-8, 16, figs. 1, 2, muestra un tosco pero muy claro petroglifo, donde dos mulas o caballos tiran de un arado liviano, tal vez del año 1000 a.C.; cf. E. Anati, "Prehistoric art in the Alps", *Scientific American*, CCII (1960), 54. La rareza de estas excepciones destaca el hecho de que el uso de caballos para la labranza fuese una innovación medieval. A. K. Y. U. Aiyer, *Agriculture and Allied Arts in Vedic India* (Bangalore, 1949), 15, opina que se utilizaban caballos para el arado en la India antigua, basándose en el Rig Veda, X, 9, 2, 3; 5, 7: "Levantad el abrevadero para el ganado, atad a él las correas, saquemos agua del pozo que no se agota fácilmente. Saciad a los caballos, cumplid la buena obra de arar." Con todo, esto no pasa de ser una enumeración de tareas.

Nota 106, pág. 77. A. G. Haudricourt, "Lumières sur l'attelage moderne", *Annales d'histoire sociale*, VII (1945), 117-18, rectifica la opinión que había expresado en "De l'origine de l'attelage moderne", *Annales d'histoire économique et sociale,* VIII (1936), 515-22, de que *hames* y *Kommut* son de origen mongol, y asegura que son de procedencia turca, *qom*, *qomit*. En cambio W. Jacobeit, "Zur Geschichte der Pferdespannung", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, II, (1954), 24, hace derivar estas voces de una raíz indoeuropea. La afirmación de J. Needham, "An archaeological study-tour in China, 1958", *Antiquity*, XXXIII (1959), 117, y, en colaboración con Lu Gwei-Djen, "Efficient equine harness; the Chinese inventions", *Physis*, II (1960), 143, fig. 14 de que una pintura del 477-499 (aprox.) en las Mil Cavernas de Buda, cerca de Tunhuang, en Kansu, supone el arnés moderno, no se halla debidamente fundamentada: el caballo está provisto de un yugo de cruz o correa entre varas, y de una correa alrededor de la parte superior del cuello que no guarda relación evidente con la tracción. Estos arreos son por cierto mucho menos "modernos" que los del mosaico de Ostia anteriormente citado (pág. 77, n. 104). No han surgido pruebas inequívocas de la existencia del arnés moderno en China antes del año 851; cf. ibid., 138-41, figs. 11-13.

Nota 110, pág. 78. H. Stolpe y T. J. Årne, *La Nécropole de Vendel* (Estocolmo, 1927), 25, 29, lám. XV, fig. 1; D. Selling, *Wikingerzeitliche und frühmittelalterliche Keramik in Schweden* (Estocolmo, 1955), 127, n. 31. Para restos parecidos del siglo X, cf. Stolpe y Årne, lám. XVIII, fig. 1; XXIII, fig. 1; XXIV, fig. 1; pp. 34, 59; P. Poulsen, "Der Stand der Forschung über die Kultur der Wikingerzeit", *Bericht der Römisch-Germanischen Kommision,* XXII (1932), 230; J. Brondsted en *Acta Archaeologica* (Copenhague), VII (1936), 144; H. F. Blunck, *Die Nordische Welt* (Berlín, 1937), 143; P. Poulsen, *Der Goldschatz von Hiddensee* (Leipzig, 1936), lám. X, 1. No se han hallado restos comparables fuera de Escandinavia. Los objetos provenientes de tumbas lombardas en Italia, identificados como soportes de colleras por N. F. Åberg, *Die Gothen und Langobarden in italien* (Upsala, 1923), 123, fig. 261, probablemente sean más bien adornos de los arzones de monturas.

Nóta 120, pág. 80. Orderico Vital, *Historia eccleriastica*, IX, 3, ed. A. Le Prevost (París, 1845), III, 471. Lamentablemente, C. Parain, en *Cambridge Economic History*, I, 232, ha trastrocado los hechos y ya ha inducido a error a N. E. Lee, *Travel and Transport through the Ages* (Cambridge, 1956), 117, y R. Trow-Smith, *History of British Livestock Husbandry to 1700* (Londres, 1957), 56. Parain afirma que en la *Lex salica* tiran caballos de los arados pasando por alto el significado de carruca en ese texto, según lo observó *supra*, pág. 166, a. 50. Asevera seguidamente que, puesto que en la segunda mitad del siglo XI "Jean

de Garlande" menciona colleras de caballos (*epiphia equina*), "en la región de Paris probablemente ya se utilizaba el caballo en la tierra". Tal vez fuera así, pero no en virtud de tales pruebas: Parain ha confundido a un abacista borgoñón de fines del siglo XI con el famoso lexicógrafo inglés de comienzos del XIII; cf. G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, I, 758; II, 696.

Nota 145, pág. 83. F. Steinbach, "Gewanndorf und Einzelhof", *Historische Aufsätze Aloys Schulte gewidmet* (Düsseldorf, 1927), 57-59; K. Fröhlich, "Rechtsgeschichte und Wüstungskunde", *Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte,* Germ. Abt., LXIV (1944), 299-301; H. Mortensen, "Zur deutschen Wüstungsforschung", *Göttingische gelehrte Anzeigen*, CCVI (1944), 199-200; W. Müller-Wille, "Zur Genese der Dörfer in der Göttinger Leinetalsenke", *Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Phil.-hist. Kl.,* (1948), 13-14; F. Trautz, *Das untere Neckarland im früheren Mittelalter* (Heidelberg, 1953), 40-43; A. Timm, *Studien zur Siedlungs- und Agrargeschichte Mitteldeutschlands* (Coloisia, 1956),. 137; H. Jäger, "Entwicklungsperioden agrarer Siedlungsgebiete im mittleren Westdeutschland seit dom frühen 13. Jahrhundert", *Würzburger geographische Arbeiten*, VI (1958), 19.

Nota 176, pág. 90. Cf. G. C. Homans, *English Villagers in the Thirteenth Century* (Cambridge, Mass., 1941), 56-57. P. de Saint-Jacob, "L'Assolement en Bourgogne ats XVIII^{e} siècle", *Etudes rhodaniennes*, XI (1935), 209-19, menciona aldeas borgoñonas de dos campos en el siglo XVIII, que querían adoptar sistemas de rotación de cultivos debido a que el monocultivo de trigo y centeno se hallaba expuesto a malograrse en los años malos y el campesino quedaba desocupado durante muchos meses. P. Féral, "L'Introduction de l'assolement triennal en Gascogne lectouroise", *Annales du Midi*, LXII (1950), 249-58, demuestra el gran beneficio económico de la difusión en Gascuña, en épocas recientes, de una rotación modificada de tres años. Por el contrario, L. Musset, "Observations sur l'ancient assolement biennal du Roumois et du Lieuvin", *Annales de Normandie*, II (1952), 150, se refiere a una comunidad normanda que practicaba el sistema trienal en 1291, pero que había pasado al bienal en 1836. E. Juillard, "L'Assolement biennal dans l'agriculture septentrionale: le cas particulier de la Basse-Alsace", *Annales de géographie*, LXI (1952), 40, considera que tales conversiones" pueden haber ocurrido cuando, a fines de la Edad Media o en tiempos modernos, una aldea próxima a un gran mercado urbano deseaba incrementar su producción de trigo para ese mercado y cosechar menos cebada, avena y demás. Pero, a su vez, G. Schröeder-Lembke, "Entstehung und Verbreitung der Mehrfelderwirtschaft in Nordosdeutschland", *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, II

(1954), 131, menciona comunidades que practicaban el sistema trienal en el siglo XIII, pero que hacia comienzos del XIV habían adoptado una rotación cuadrienal, presumiblemente en un esfuerzo por incrementar la producción de cosechas estivales; para más pormenores, véase su "Wesen und Verbreitung der Zweifelderwirtschaft im Rheingebiet", ibid., VII (1959), 14-31.

Nota 179, pág. 91. W. Müller-Wille, "Das Rheinische Schiefergebirge und seine kulturgeographische Struktur und Stellung", *Deutsches Archiv für Landes- und Volksforschung*, VI (1943), 561, publica un mapa de la zona de tres campos en Europa. Obsérvese que este sistema nunca se introdujo en Flandes, ni en Holanda, ni en la costa alemana del Mar del Norte. En estos lugares no existía un sistema de rotación de cultivos: cada campesino abonaba cuidadosamente sus campos con humus o turba, y el clima favorecía pasturas tan exuberantes que no hacían falta barbechos para el pastoreo; cf. pág. 538. No obstante, el razonamiento de Müller-Wille es incorrecto al sostener (pág. 561) que la rotación trienal debe de haber sido inventada por los francos a fin de asegurar pasturas para su ganado cuando se extendieron dentro del clima "continental" del interior, que brindaba menos pastos y donde, además, la economía pastoril sufría una mayor competencia de parte de la agricultura cerealera. No tenían necesidad de inventar para ello una rotación trienal, dado que una de carácter bienal proporciona igualmente pastura en el barbecho.

Nota 194, pág. 93. Debería efectuarse un atento estudio de otras fuentes de proteínas en este período y de nuevos procedimientos para la conservación y transporte de carne, pescado y queso. La gran expansión de los molinos hidráulicos, y en consecuencia de los estanques de molino, hizo aumentar, por cierto, la oferta de pescado fresco disponible en toda estación, según lo indica la frecuencia con que el alquiler de los molinos se pagaba en pescados y anguilas; cf. R. Grand, *L'Agriculture au moyen âge* (París, 1950), 535-46 Un manuscrito armenio del siglo XIII muestra un carrete de pescar; el mismo dispositivo aparece en China en la primera mitad del siglo XIV; pero hasta ahora no ha sido encontrado en Europa antes de 1651; cf. Sarton, *Introduction*, III (1947), 237. Mientras que el pescado blanco, como el bacalao, contiene relativamente poca grasa, y por consiguiente puede ser ahumado o salado con facilidad, el arenque, sumamente aceitoso, contiene una grasa no saturada que se vuelve rancia muy pronto al combinarse con el oxígeno del aire, lo que dificulta mucho su conservación y transporte: circunstancia particularmente lamentable ya que el arenque, a diferencia de la mayoría de los peces de carne blanca, se desplaza en grandes cardúmenes según las estaciones. El procedimiento para salar el arenque en barriles, de modo que no entre aire y pueda así conservarse durante años y transportarse a lugares distantes,

aparece por vez primera en 1359; cf. C. L. Cutting, *Fish Saving: A History of Fish Processing* (Londres, 1955), 57. E. M. Veale, "The rabbit in England", *Agricultural History Review*, V (1957), 85-90, demuestra que el conejo llegó a Inglaterra en 1176 y se generalizó en el siglo XIII. En 1341 observa Flamma en Milán, después de comentar la cría selectiva de *destriers* y perros alanos: "et cuniculis castra et civitatem repleverunt"; cf. *supra*, pág. 78, n. 112.

Nota 195, pág. 93. La gran vitalidad de Italia, Provenza y España en este período no puede ser explicada en función de la tecnología agrícola. G. Luzzatto, "Mutamenti nell'economia agraria italiana dalla caduta dei carolingi al principio del secolo XI", en *Settimane di Studio del Centro Italiano di Studi dell'Alto Medio Evo*, II (1955), 604, tiene razón cuando dice que los tratados de Catón, Varrón y Columela parecen casi estar describiendo una finca rural italiana del año 1800. Sin embargo, D. Herlihy, "Treasure hoards in the Italian economy", 906-1139", *Economic History Review*, X (1957), 1-14, y "The agrarian revolution in Southem France and Italy, 801-1150", *Speculum*, XXXIII (1958), 21-41, presenta no una revolucion tecnológica sino una revolución agrario-administrativa contemporánea del florecimiento tecnológico registrado al Norte del Loira y de los Alpes. Debido al mecanismo de la herencia, las propiedades de tierras se habían fragmentado en el Sur hasta el punto de una completa ineficiencia agrícola. Desde el 960 (aprox.) hasta culminar en el 1070 (aprox.), las joyas y otras posesiones atesoradas fueron convertidas cada vez más en dinero, que se invirtió en consolidar parcelas de tierra cultivable en eficientes unidades productivas de mayor extensión. Los esfuerzos de la Reforma Gregoriana para restablecer las donaciones eclesiásticas saqueadas tuvieron el mismo resultado. En Europa septentrional la general sustitución de franjas dispersas cultivadas separadamente por campos abiertos sujetos al control comunitario y explotados como una unidad, significó una revolución administrativa que sin duda contribuyó a la elevada productividad de la nueva tecnología agrícola septentrional. En las tierras del Mediterráneo las nuevas habilidades en materia de administración fueron aplicadas a la antigua tecnología agraria romana, que se adaptaba admirablemente a las condiciones regionales, y los resultados fueron excelentes. A pesar de la conclusión de Herlihy de que este movimiento administrativo perdió cierta vitalidad en el siglo XII, los mercaderes italianos hicieron grandes inversiones en el mejoramiento de tierras en el siglo XIII, algo menos en el XIV, pero más que nunca en el XV; cf. C. M. Cipolla, "Trends in Italian history in the later Middle Ages", *Economic History Review*, II (1949), 182-83. En efecto, en el siglo XV, cuando la mayor parte de Europa experimentaba una declinación demográfica, Italia septentrional y central parecen haber registrado un crecimiento; cf. K. Helleiner, "Europas Bevölkerung und Wirtschaft im späteren Mittelalter", *Mitteilungen des Instituts für Österreichische*

Geschichtsforschung, LXII (1954), 262, n. 21. Sería interesante averiguar si el desarrollo de los *castelli*, aldeas fortificadas de campesinos libres, en Italia, desde el siglo X en adelante, es un fenómeno afín o no a la aglomeración de población campesina en grandes aldeas que se observa en Alemania; cf. G. Luzzato, "L'Inurbamento delle populazioni rurali in Italia nei secoli XII e XIII", *Studi in onore di Enrico Besta* (Milán, 1938), II, 183-203. Mi sugerencia (supra, págs. 83-84), de que la transición del buey al caballo en la agricultura puede haber contribuido a la aglomeración en el Norte, no tiene que ver con el desarrollo de los *castelli*, puesto que el buey siguió predominando en la península.

Nota 2, pág. 96. F. M. Feldhaus, *Die Technik der Antike und des Mittelalters* (Potsdam, 1931), 277, asegura que la palabra "ingeniero" aparece por primera vez en Johannes Codagnellus, *Annales placentini*, ed. O. Holder-Egger (Hannover, 1901), 23, los cuales, aunque escritos a comienzos del siglo XIII, mencionan, refiriéndolo al año 1196, a un tal "Alammannus de Guitelmo, enceignerius communis Mediolani". Feldhaus sostiene que la palabra proviene de *incingere*, "fortificar". Sin embargo, en 1190-92 Ambrosio, *L'Estoire de la guerra sainte,* ed. G. Paris (París, 1897), V, 2274, relaciona explícitamente a los ingenieros con las máquinas: "engineors qui savaient d'engins plusors". No he podido hallar el término con anterioridad a 1170, cuando aparece en Durham "Ricardus ingeniator, vir artificiosus ... et prudens architectus"; cf. y. Pevsner, "The term 'architect' in the Middle Ages", *Speculum*, XVII (1942), 555; pero "Ailnoth ingeniator" floreció entre 1157 y 1190; cf. J. Harvey, *English Mediaeval Architects* (Londres, 1954), 17. Acerca de los ingenieros desde comienzos del siglo XIII en adelante, véase H. Charnier, "Notes sur les origines du génie, du moyen âge à l'organisation de l'an VII", *Revue du génie militaire*, LXXXVII (1954), 17-44.

Nota 18, pág. 98. A. Steensberg, *Farms and Mills in Denmark during Two Thousand Years* (Copenhague, 1952), 294-97. Esos molinos tienen una dispersión muy amplia tanto en el tiempo como en el espacio; cf. E. C. Curwen, "The problem of early water mills", *Antiquity*, XVIII (1944), 130-46, y "A vertical water mill near Salonika", ibid., XIX (1945), 2 11-12. Al parecer, debido a que sus trabajadores indios no se hallaban familiarizados con los engranajes, misioneros franciscanos de comienzos del siglo XIX construyeron un molino semejante en San Antonio de Padua, California, que yo he tenido oportunidad de ver. E. Eude, *Histoire documentaire de la mécanique française* (París, 1902), 11, muestra que la moderna turbina hidráulica desciende directamente de las primitivas ruedas hidráulicas horizontales, que a menudo se hallaban provistas de paletas-cucharas y solían estar blindadas; cf. F. M. Feldhaus, "Beiträge zur

alteren Geschichte der Turbinen", *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, V (1908), 569-71. Es injustificada la atribución al siglo III o IV de una rueda hidráulica perfeccionada semejante a una turbina, que se guarda en el Conservatoire des Arts et Métiers de París: nada se sabe de su procedencia; cf. Power, LXXIV (1931), 502.

Nota 20, pág. 99. En el Museo de Nápoles se conserva una rueda hidráulica, reconstruida a partir de oquedades encontradas en las cenizas de Pompeya, de tan reducidas diniensiones que F. M. Feldhaus, "Ahnen des Wasserrades", *Die Umschau*, XL (1936), 472, opina que tal vez no accionaba un molino sino más bien algún tipo de autómata; pero de éste no quedan huellas. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, II (Leiden, 1955), 96, y en Singer, *HIstory of Technology*, II (1956), 601, afirma que Vespasiano (años 69-79) se negó a construir una grúa hidrauhca para no provocar desocupación. Como no se conocen otras grúas accionadas por ruedas hidráulicas, anteriores a una del Tirol de 1515, ilustrada en
E. Kurzel-Runtscheiner, "Das Unterinntal, eine technikgeschichtliche Landschaft", *Blätter für Technikgeschichte*, XIII (1951), 39, fig. 8 (cf. también G. Agricola, *De re metallica* [Basilea, 1556], tr. H. C. y L. H. Hoover, 2ª ed. [Nueva York, 1950], 199, y el *Schwazer Bergbuch* de 1556, en F. Kimbauer, "Das 'Schwazer Bergbuch', eine Bilderhandschrift des österreichischen Bergbaues aus dem Jahre 1556", *Blätter für Technikgeschichte*, XVIII [1956], 85, lám. 7), ésta sería una cuestión importante. Sin embargo, la fuente de Forbes (Suetonio, *Vespasiano*, cap. 18) no implica un aparato de ese tipo: "Mechanico quoque grandis columnas exigua impensa perducturum in Capitolinum pollicenti praemium pro commento non mediocre obtulit, operam remisit, praefatus sineret se plebiculam pascere".

Nata 22, pág. 99. *Villard de Honnecourt: Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuches MS fr. 19098, der Pariser Nationalbibliothek*, ed. H. R. Hahnloser (Viena, 1935), lám. 44; en cuanto a la fecha, cf. 229, 232. El doctor P. J. Alexander, de la Universidad de Michigan, que está preparando una nueva edición de los sermones de Gregorio Niceno sobre el Eclesiastés, sugiere que un pasaje de la Hom. III (*Patrología graeca*, XLIV [París, 1863], 656A), "χόσα τὰ μηχανήματα των μὲνυδτι καὶ αιδήφψ διαχριόντων τάςύλας" el cual fue utilizado con referencia al aserramiento del mármol, alude a sierras hidráulicas en la Anatolia del siglo IV. Sin embargo, el corte del mármol con "agua y hierro" significa más probablemente que se utilizaba agua para enfriar la sierra de hierro horizontal y llevar el abrasivo a la sierra en el interior del corte; cf. *supra*, pág. 99, nota 24. 11 siglos después, Besarión consideraba las sierras hidráulicas como una novedad; cf. *infra*, pág. 148, nota 327.

Nota 49, pág. 103. La declaración de Iba' 'Abd al-Mun 'im al-Himyarī, *La Péninsula ibérique au moyen âge*, ed. E. Lévi-Provençal (Leiden, 1938), 153, de que "una de las curiosidades de Tarragona consiste en los molinos construidos por los antiguos: giran cuando sopla el viento y se detienen cuando éste cesa", no puede aplicarse con seguridad al califato. Lévi-Provençal, pág. XV, señala que nuestra versión de esa obra se terminó en 1461, aunque puede haberse basado en un libro de fines del siglo XIII. Apoyándose en una clasificación morfológica de los molinos de viento hispano-portugueses, F. Krüger, "Notas etnográfico-lingüísticas da Povoa de Varzim", *Boletim de filología*, IV (1936), 156-77, sugiere que mientras que los molinos de La Mancha son de origen septentrional, otros de la Península Ibérica, islas del Mediterráneo e Islas Canarias pueden provenir de una variedad hispanoárabe más primitiva. J. C. Baroja, "Le Moulin à vent en Espagne", *Laos*, II (1952), 40, se inclina en este sentido por cuanto hacia el 1330 Juan Ruiz, Arcipreste de Hita, dice "Fazen con mucho viento andar las atahonas": el vocablo moderno *tahona*, "molino de mulas", viene del árabe *tahūna*, que al-Maqqadasī empleaba por "molino de viento". Sin embargo, la palabra árabe no significa específicamente "molino de Viento", sino más bien cualquier molino impulsado por un medio que no sea hidráulico: el *Vocabulista in arabico* de fines del siglo XIII glosa la palabra árabe *raha* con "molendinum", es decir, un molino accionado por medio de agua; en cambio define tahūna como "molendinum bestie, sine aqua"; cf. J. Oliver Asín, "El hispano-árabe *al farnāt* ['los molinos harineros'] en la toponimia peninsular", *Al-Andalus*, XXIII (1958), 458. Al juzgar el problema de la difusión de los molinos de viento, resulta significativo que todos los molinos de viento mediterráneos e ibéricos girasen sobre ejes horizontales hasta mediados del siglo XV; cf. *supra*, pág. 104, nota 50.

Nota 51, pág. 104. R. E. Latham, "Suggestions for a British-Latin dictionary", *Archivum latinitatis medii aevi*, XXVII (1957), 199, y M. W. Beresford y J. K. S. St. Joseph, *Medieval England, an Aerial Survey* (Cambridge, 1958), 64, n. 2, han llamado recientemente la atención sobre la confirmación por Enrique II de las propiedades de Swineshead; en ambos trabajos se cita el *Calendar of the Charter Rolls*, LII (Londres, 1908), 319, donde el pasaje correspondiente identifica ciertas tierras "ubi molendinum ad ventum situm fuerit": una curiosa forma verbal. W. Dugdale, *Monasticon anglicanum*, 2ª ed. (Londres, 1682), I, 773, había leído sencillamente "situm fuerat". Los autores recientes le asignan una fecha no posterior a 1181, presumiblemente porque lleva el testimonio de Roger, arzobispo de York, que murió el 21 de noviembre de 1181; pero también figura como testigo Ricardo de Luci, el cual se retiró por completo de la vida pública en abril de 1179 y murió el 14 de julio del mismo año. R. W. Eyton,

Court, *Household and Itinerary of King Henry II* (Londres, 1878), 136, opina, basándose en la lista de testigos y en su presencia simultánea en Windsor, que la carta fue otorgada alrededor del 5 de abril de 1170. El texto sobrevive sólo como incorporado a una confirmación mucho más amplia de las propiedades de Swineshead dada por Eduardo II el 20 de setiembre de 1316. Como no se sabe de ningún molino de viento entre 1170 y 1185, aunque después de esta fecha aparecen con frecuencia, es probable que la frase que lo menciona sea una glosa marginal del siglo XIII o de comienzos del XIV, destinada a identificar la ubicación de una porción de tierra insuficientemente descripta en la confirmación de Enrique II, y que esa glosa se haya deslizado en la versión de Eduardo II.

Nata 89, pág. 109. Las primeras bombas de vapor se patentaron en 1630 y 1661; cf. C. Matschoss, *Entwicklung der Dampfmaschine* (Berlín, 1908), I, 284. Sin embargo, tal vez algo por el estilo se haya estado ensayando anteriormente en las minas de Europa Central. J. C. Poggendorff, *Geschichte der Physik* (Leipzig, 1879), 529, cita al famoso pastor luterano de Joachimsthal en Bohemia, J. Mathesius, *Sarepta oder Bergpostilla* (Nuremberg, 1582), que exhorta a sus fieles: "Ihr Bergleute sollet auch in euren Bergreyen rühmen den guten Mann, der Berg (Gestein) und Wasser mit dem Wind auf den Platten anrichten zu beben, wie man jetzt auch, doch am Tage, Wasser mit Feuer heben soll!" Por otra parte, el checo J. J. V. Dobrzensky, *Nova, et amaenior de admirando fontium genio, philosophia* (Ferrara, 1657 o 1659), 65-67, 77, 104-07, describe máquinas que utilizan calor para hacer subir el agua en algunos aspectos parecidas a la de R. D'Acres, *The Art of Water Drawing* (Londres, 1659), ed. R. Jenkins (Cambridge, 1930), VII-IX, 6-7, y de Edward Somerset, marqués de Worcester, *A Century... of Inventions* (Londres, 1663), ed. H. Dircks (Londres, 1865), 551. Dircks, 540-44, hace hincapié en el *sufflator* como el principal antecesor de la máquina de vapor.

Nata 92, pág. 110. R. Hennig, "Beiträge zur Frühgeschichte der Aeronautik", *Baiträge zur Geschichte der Technik und Industrie,* VIII (1918), 105-08, 110-14, y J. Duhem, "Les Aérostats du moyen-âge d'après les miniatures de cinq manuscrits allemands", *Thalés*, II (1935), 106-14, encuentran precursores del globo de aire caliente de los comienzos de los tiempos modernos en los dragones aéreos del siglo XV, que se sustentaban mediante lámparas colocadas en la cabeza. Sin embargo, descuida la prueba más espectacular: un dragón semejante, en el extremo de una cuerda sostenida por tres soldados, que voló sobre una ciudad sitiada y dejó caer sobre ella bombas incendiarias; cf. Walter de Milimete, *De nobilitatibus... regum*, de 1327, ed. M. R. James (Oxford, 1913), lám. 154. D. Schwenter, *Deliciae physicomathematicae*

(Nuremberg, 1636), I, 472, ilustra un aeróstato-dragón similar, gobernado mediante un sedal arrollado a un carrete. Según P. Huard, "Sciences et techniques de l'Eurasie", *Bulletin de la Société das études indochinoises*, 2ª serie, XXV (1950), 137, en 1812 el ejército ruso todavía seguía utilizando dragones flamígeros como elementos de guerra psicológica contra el ejército de Napoleón.

Nota 122, pág. 114. T. L. Davis y J. R. Ware, "Early Chinese military pyrotechnics", *Journal of Chemical Education,* XXIV (1947), 522-37; T. L. Davis, "Early Chinese rockets", *Technology Review*, LI (1948), 101; Wang Ling, op. cit., 172; L. C. Goodrich y Fêng Chia-shêng, "The early development of firearms in China", *Isis*, XXXVI (1946), 117. Los tubos de bambú transportados en 1132 por dos soldados y llenos de un polvo explosivo (ibid., 116) eran también sin duda candelas romanas y no bazucas. En 1259 un tubo que disparaba no sólo alguna especie de fuego griego sino también un proyectil, tal vez una bola de fuego, parece haber sido utilizado en China, pero, puesto que el tubo seguía siendo de bambú, la explosión no puede haber sido muy poderosa; ibid., 117. La evaluación de las crónicas chinas resulta difícil por el frecuente empleo de la misma palabra para designar tanto los proyectiles como los mecanismos que los disparaban; y, como es de comprender, no se distingue en ellas entre materiales incendiarios y explosivos. Pero en 1231 se empleaban en Asia Oriental bombas o granadas metálicas llenas de un polvo explosivo, que solían arrojarse por medio del prototrabuco impulsado manualmente, ibid., 117; Wang Ling, op. cit., 170.

Nota 188, pág. 116. Manuscrito de Walter de Milimete, *De officiis regum*, fol. 70^{v}, en la Iglesia de Cristo, de Oxford. La copia del manuscrito comenzó en 1326, pero como fue dedicada "ad honorem illustris domini Edwardi dei gracia Regis anglie incipientis regnare", y entregada al rey, y el dibujo del cañón figura en la última página, ésta no puede ser anterior al fin del año 1327, fecha en que empezó su reinado Eduardo III niño; cf. *The Traatise of Walter de Milimete De nabilitatibus, sapientiis et prudentiis regum, reproduced in facsimile*, ed. M. II. James (Oxford, 1913), lám. 140; O. Guttmann, *Monumenta pulveris pyrii* (Londres, 1906), lám. 69; F. M. Feldhaus, "Die älteste Darstellung eines Pulvergeschützes", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, V (1909-11), 92. B. Rathgen, *Das Aufkommen der Pulverwaffe* (Munich, 1925), 65, sostiene que las iluminaciones de este manuscrito "sind mindestens 75 Jahre jünger als die Handschrift selber"; pero ¿es que alguien entrega manuscritos inconclusos a un rey? Diels, op. cit., 110. n. 2, opina que esa figura no representa un cañón con pólvora sino la etapa final de un dispositivo para arrojar fuego griego junto con

una flecha. En vista de las cousiderables pruebas de la existencia de cañones inmediatamente posteriores, tal hipótesis parece un poco traída de los cabellos.

Nota 141, pág. 116. P. Lacabane, "De la poudre à canon et de son introduction en France", *Bibliothèque de l'École des Chartes*, VI (1844), 36. Las múltiples pretendidas apariciones anteriores de cañones son examinadas críticamente por Rathgen, op. cit.; Allouche, "Un texte relatif aux premiers canons", *Hespéris*, XXXII (1945), 81-84, asegura que la primera prueba del uso de artillería de ese tipo se tiene en el sitio de Huéscar por los musulmanes, en 1324, cuando un proyectil al rojo fue lanzado por una máquina que funcionaba con el empleo de *naft*. Rathgen, 11, siguiendo principalmente a Romocki, op. cit., 80-82, muestra que los pretendidos ejemplos similares del Magreb a comienzos del siglo XIV se refieren todos al lanzamiento de fuego griego; cf. D. Ayalon, *Gunpowder and Firearms in the Mamluk Kingdom: A Challenge ta a Mediaeval Society* (Londres, 1956), 7, n. 7. Puesto que el fuego griego a menudo producía un estampido de trueno al descargarse, la presencia de un tal Johannes Donerschutte de Osterike en Soest en 1330 y 1331 no es por sí sola una prueba de la existencia de cañones; cf. H. Rothert, "Wan und wo ist die Pulverwaffe erfunden?", *Blätter für deutsche Landesgeschichte*, LXXXIX (1952), 84-86.

Nata 147, pág. 117. Ibid., 3-4. Es de desear una más exacta datación de la figura, tomada de un manuscrito árabe atribuido a los comienzos del siglo XIV, de un arma manual de fuego colocada en el extremo de un palo; cf. O. Baarmann, "Die Entwicklung des Geschützlafette bis zum Beginn des 16. Jahrhunderts und ihre Beziehungen zu der des Gewehrschaftes", *Festschrift M. Thierbach* (Dresde, 1905), 55, fig. 1. Puede representar un tubo para disparar fuego griego. Syed Abu Zafar Nadvi, "The use of cannon in Muslim India", *Islamic Culture*, XII (1938), 405, cree que las "piedras occidentales" (*sang-i-magribī*) utilizadas en el sitio de Ranthambar en 1299-1300 eran balas de cañón. Sin embargo, las "máquinas occidentales (*manjanīqhā-i- magribī*)" utilizadas en la India, como en el Islam después del 1220 (aprox.), eran una especie de trabuco; cf. M. A. Makhdoomee, "Mechanical artillery in medieval India", *Journal of Indian History*, XV (1936), 193; C. Cahen, "Un traité d'armurerie composé pour Saladin", *Bulletin d'étudas orientales de l'Institut Français de Damas*, XII (1948), 158, n. 6.

Nata 154, pág. 118. La primera persona importante muerta con un arma manual de fuego en Inglaterra fue el conde de Shrewsbury, en 1453; cf. Clephan, op. cit., 52. Un dispositivo mecánico estrechamente relacionado con la eficacia del arma manual de fuego, pero hasta ahora no debidamente estudiado, es el estriado del cañón. Los antiguos sabían que una jabalina lanzada haciéndola

girar sobre su eje era más certera que una lanzada sin ese efecto; cf. R. F. Crook, "Did the ancient Greeks and Romans understand the importance of the effect produced by rifling in moderns guns?", *Classical Review*, XXX (1916), 46-48. Stephen Grancsay, Conservador de Armas y Armaduras del Museo Metropolitano de Arte, me ha mostrado flechas turcas de fecha incierta con las plumas en espiral, y esa manera de emplumarlas es considerada normal por R. Ascham, *Toxophilus, the Schole of Shooting* (Londres, 1545), en *English Works*, ed. W. A. Wright (Camdridge, 1904), 91: "Vuestra pluma ha de estar alineada casi derecha, mas ello de tal suerte que pueda girar en vuelo.., el astil al volar debe girar". Se ha dicho, pero con datación insuficiente, que algunas ballestas de fines de la Edad Media lanzaban sus dardos a través de caños estriados en espiral; cf. M. Bennett, *The Story of the Rifle* (Londres, 1944), 8; C. H. B. Pridham, *Superiority of Fire* (Londres, 1945), 9. L. A. Muratori, *Antiquitates Italiae medii aevi* (Milán, 1739), II, 518-19, describe cuadrillos giratorios de ballesta: *gerectoni, werrestones, veretoni*, vocablo de origen alemán. Según M. Thierbach, *Geschichte der Handfeuerwaffen* (Leipzig, 1899), 169, armas manuales de fuego de caño estriado se utilizaron en una competencia de tiro en Leipzig en 1498, y a partir de entonces se generalizó su uso en Europa central para la caza. Tal vez debido al elevado costo de los rifles, hasta mediados del siglo XIX la infantería europea sólo utilizó armas de caño liso. Inmigrantes procedentes de Suiza y del Palatinado introdujeron el rifle en Pennsylvania, donde el cañón se alargó y el ánima se hizo más pequeña y económica, convirtiéndose aquél en el arma típica del norteamericano de la frontera; cf. F. Reichmann, "The Pennsylvania rifle: a social interpretation of changing military techniques", *Pennsylvania Magazine of History and Biography*, LXIX (1949), 8-9. La velocidad de carga se incrementó enormemente y se redujo el desgaste mediante la adopción de un "parche" engrasado de piel de ante; los parches de fieltro engrasados fueron mencionados por primera vez en 1644 por el español Alonzo Martines de Espinar; cf. W. M. Cline, *The Muzzle-loading Rifle* (Hungtington, 1942), 9. La superioridad del rifle de Pennsylvania sobre las armas británicas es considerada por algunos como una de las razones del éxito de la Revolución Norteamericana.

Nota 157, pág. 119. Goodrich y Fêng Chia-shêng, op. cit., 114; Wang Ling, op. cit., 168. Las primeras representaciones chinas de esta artillería son muy posteriores; cf. Goodrich y Fêng, figs. 1 y 2; Wang Ling, 171; W. Gohlke, "Das Geschützwesen des Altertums und des Mittelalters, III: Das mittelalterliche Wurfzeug", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, V (1909-11), 379, fig. 26; K. Huuri, *Zur Geschichte des mittelalterlichen Geschützwesens aus orientalischen Quellen* (Helsinki, 1941), 215, figs. 13, 14. La opinión de Huuri, de que el prototrabuco impulsado manualmente se difundió hacia el Oeste en el 700

(aprox.) carece de fundamento adecuado, al igual que la de F. Lot, *L'Art militaire et les armées au moyen âge* (París, 1946), I, 222, de que los "nova et exquisita machinamentorum genera" utilizados por Carlos el Calvo contra Angers en 873 (Regino de Prüm, *Chronicon*, ed. F. Kurze [Hannover, 1890], 106) o las máquinas empleadas por los defensores de París en 886 (Abbo, *De bello parisiaco*, ed. G. H. Pertz [Hannover, 1871], vs. 156-57, 213-14, 360-66) fueron trabucos de contrapeso.

Nota 159, pág. 119. *De expugnatione Luxbonensi*, ed. C. W. David (Nueva York, 1936), 143; allí fue accionada por tandas de cien hombres y se la denominó *honda balear*. Este nombre probablemente no indicaba su difusión en las islas así llamadas, a la sazón todavía musulmanas, sino que más bien alude a la antigua fama de sus habitantes como honderos; cf. E. Hübner, "Baliares", en Pauly-Wissowa, Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft, II (1896), 2824. Para otras representaciones de este dispositivo de transición, véanse las láminas de Pietro de Eboli, *Liber ad honorem Augusti*, ed. G. B. Siragusa (Roma, 1905); este manuscrito puede fecharse en 1196-97; para otra figura fechada en 1182, cf. *Annales januenses*, ed. G. H. Pertz, *MGH, Scriptores*, XVIII (1863), lám. LII; cf. también W. Erben, "Beiträge zum Geschützwesen im Mittelalter", *Zeitschrift für historische Waffenkunde*, VII (1916). 85-102, 117, 129.

Nota 166, pág. 120. H. Yule, *The Book of Ser Marco Polo*, 3ª ed. (Londres, 1929), II, 159-60, 168. Por el contrario, los documentos chinos atribuyen esta nueva máquina, llamada *hui-hui-p'ao*, a técnicos musulmanes; cf. L. C. Goodrich y Fêng Chia-shêng, op. cit., 118, espec. n. 15. Es de lamentar que este valioso artículo no considere la artillería china en el contexto de los adelantos musulmanes y francos, y que, por lo tanto, interprete erróneamente el *hui-hui-p'ao* como un cañón cuyo tubo puede elevarse o bajarse angularmente de modo de poder regular el alcance del proyectil; cf. p. 119, Pero de acuerdo con los textos que aducen los autores, se trata del magribī o trabuco "occidental", con un recipiente de contrapeso oscilante que puede ser ajustado con respecto al pivote de la viga de la catapulta, de manera que al modificarse la palanca se altera la trayectoria. Sobre el problema general de las discrepancias entre la versión de Marco Polo de este episodio y las crónicas chinas, véase L. Olschki, *Marco Polo's Asia* (Berkeley, 1960), 342-44.

Nota 169, pág. 120. B. R. Motzo, *Il compasso da navigare* (Cagliari, 1947), p. XLII, cita un poema de Francesco da Barberino, escrito entre 1306 y 1313, que dice que el navegante depende de la brújula, el mapa y el "arlogio", presumiblemente un reloj de arena. En 1345 se registra en Inglaterra un pago "pro

XII orlogiis vitreis", adquiridos en Flandes para uso náutico; cf. N. H. Nicolas, *History of the Royal Navy* (Londres, 1847), II, 476. En 1374 se menciona en Colonia un reloj para barco; cf. E. Zinner, "Aus der Frühzeit dar Räderuhr", *Deutsches Museum: Abhandlungen und Berichte*, XXII, III (1954), 17. G. P. B. Naish, "The dyall and the bearing-dial", *Journal of the Institute of Navigation*, VII (1954), 205, cita un poema español, *El Vitorial*, de 1404, que demuestra que entonces se usaban relojes de arena para ayudar a determinar el rumbo y la velocidad; en 1410-12 aparecen esos relojes, llamados "*dyalls*" (cuadrantes), en los inventarios de buques ingleses; loc. cit. Las primeras representaciones de relojes de arena aparecen en 1442 en un cuadro de Petrus Christus que se halla actualmente en el Instituto de Arte de Detroit, y entre 1440 y 1450 en uno de Nuremberg; cf. E. Zinner, "Die Sanduhr", *Die Uhr*, IX, Nº 24 (1955), 38-39, figs. 2, 3. Sólo hacía fines del siglo XV el reloj de arena aparece como un atributo del Padre Tiempo; cf. E. Panofsky, *Studies in Iconology* (Nueva York, 1939), 80, 82, n. 50, fig. 55.

Nota 170, pág. 121. La bibliografía erudita sólo contiene dos estudios sobre la manivela: H. T. Horwitz, "Die Drehbewegung in ihrer Bedeutung für die Entwicklung der materialen Kultur", *Anthropos*, XXVIII (1933), 721-57; XXIX (1934), 9E-125; B. Gille, "La Naissance du système bielle-manivelle", *Techniques et civilisations*, II (1952), 42-46.

De las etimologías de sus denominaciones no surgen datos concluyentes sobre la historia de la manivela. Las voces romances *manivelle, manovella*, etc., provienen del vocablo latino *manubrialum*, que designa cualquier manija pequeña. El alemán *Kurbel* probablemente deriva de la voz latina hipotética *curvulum*, "objeto pequeño acodado", más bien que del vocablo afín francés *courbe*. El *Oxford New English Dictionary* registra la voz anglosajona *crancstaef*, o sea *crank shaft*, [cigüeñal] del *Gerefa* de comienzos del siglo XI, y la hace derivar de una antigua raíz que significaba "acodado" o "doblado", y que sobrevive metafóricamente en el alemán *krank*. (E. von Erhardt-Siebold, "The Old English loom riddles", en *Philologia: the Malone Anniversary Studies*, ed. T. A. Kirby y H. B. Woolf [Baltimore, 1949], 17, n. 10, describe cómo el *crancstaef* funcionaba como un implemanto textil para la separación de la urdimbre, y agrega que "atar una cuerda guía a la manivela y a una cárcola as el paso obvio inmediato", cf. *supra*, pág. 125, a. 193). Sin embargo, una curiosa evolución en el español sugiere la posibilidad de un origen alternativo relacionado con *crane* [cigüeña], más que con crome [gancho, codo]. Un sinónimo de "manivela de máquina" es *cigüeñal*, que J. Corominas, *Diccionario crítico etimológico de la lengua castellana*, I (Berna, 1954), 800, haca derivar de *cigüeña* o *cigoña*, pértiga que oscila sobre un poste vertical ahorquillado para sacar agua de un pozo y que se asemeja a una cigüeña y se mueve como ella. Este dispositivo, al antiguo

shaduf o cigoñal, es mencionado por Isidoro de Sevilla, *Etymologiarum sive originum libri XX*, ed. W. M. Lindsay (Oxford, 1911), Lib. XX, XV, 3, como *ciconia*, aunque la palabra latina habitual era *tolleno*. Puede ser que, como en España, tampoco en Inglaterra (donde *crane* se empleaba, al menos hacia 1375, para designar un aparato de izar; cf. O. E. D., s. v.) el reemplazo del cigoñal tradicional por una pértiga acodada y apoyada sobre dos horquetas requiriese una palabra nueva y que, por cambio semántico, el término antiguo acabara por centrarse, con el correr del tiempo, en el elemento más novedoso del reciente dispositivo, la manivela. (Es posible que la asimilación de *crane* al más antiguo *cranc* fuese facilitada por la introducción, en la parte final de la guerra de los Cien Años, del trinquete de manivela para empulgar las ballestas [*supra*, p. 129, n. 214], llamado (en francés) *crannequin*, vocablo que E. Littré, *Dictionnaire de la langue française* [París, 1883], hace derivar del bajo alemán *Kraeneke*, cigüeña (*crane*), llamado así en razón de su forma). Sin embargo, no he podido fechar satisfactoriamente el origen del cigoñal común de pozo, de manivela. El Indice Princeton de Arte Cristiano, que es casi completo en cuanto a la iconografía cristiana hasta el 1400, no contiene ningún dispositivo semejante: todos los cigoñales de ejes horizontales están provistos de manijas en forma de X. El primer aparejo de manivela de este tipo aparece en una miniatura del 1425 (aprox.) en el *Hausbuch* de la Fundación Mendel, de Nuremberg; cf. *Deutsches Handwerk im Mittelalter* (Leipzig, 1935), lám. 13.

Nota 178, pág. 122. M. A. de la Chausse, *Le Gemme antiche figurate* (Roma, 1700), lám. 99, reprodujo un dibujo lineal de una gema grabada que representaba a Cupido aguzando sus flechas en una piedra de afilar giratoria provista de pedestal y manivela, y montada sobre un carrito de mano. No se la ha vuelto a encontrar desde entonces. Da la Chausse señala (p. 37): "È da osservarsi questa machina per arrotare i ferri simile a quella che si adopera oggi da'nostri rotatori", y hace mucho que se sospecha de ella; cf. Neuburger, op. cit., 54, fig. 65. Veremos que tanto las ruedas de afilar (*infra*, p. 183) como los pedales (*supra*, pág. 135) son medievales, no antiguos. A. Schroeder, *Die Entwicklung des Schleiftechniks* (Haya-Weser, 1931), 31, fig. 8, sostiene que la primera genuina piedra de afilar rotatoria provista de pedal y manivela aparece hacia el 1480 en un grabado en cobre de Israhel von Meckemen, mientras que (60, fig. 58) la primera que aparece montada en un carrito de mano se encuentra en un grabado de Colonia del año 1589.

Nota 180, .pág. 122. W. Treue, *Kulturgeschichte der Schraube* (Munich, 1955), 22-28. Vitruvio, *De arch*., X, 6; Singer, *History of Technology*, II (1956), 676-77; F. M. Feldhaus, "Abnen des Wasserrades", *Die Umschau*, XL (1936), 473, y Die Machine im Leben der Völker (Basilea, 1954), 138, fig. 99; C. N. Bromehead en

Antiquity, XVI (1942), 196; T. A. Rickard, "The mining of the Romans in Spain", *Journal of Roman Studies*, XVIII (1928), 131, lám. 12; L. Jacono, en *Notizie degli scavi* (1927), 84-89, lám. IX; O. Davies, "Roman and medieval mining techniques", *Bulletin of the Institute of Mining and Metallurgy*, Nº 348 (1933), 9, 19; C. C. Edgar, "A terra cotta representation of the screw of Archimedes", *Bulletin de la Société Archéologique d'Alexandria*, nueva serie, I (1904-05), 44-45, fig. 13. E. Treptow, "Der älteste Bergbau und seiner Hilfsmittel" *Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie*, VIII (1918), 180-81, expresa que en 1906 un ingeniero de minas llamado Pütz le informó que, en la explotación de una vieja mina cerca de Alcaracejos en la provincia de Córdoba, se descubrió un tornillo de Arquímedes con un pivote de hierro en la base y una manivela de hierro. Treptow no vio este objeto, pero supuso que era romano. No fue sometido a control arqueológico ni dado a conocer en publicaciones. Todo induce a creer que la minería continuó en España bajo las dominaciones visigoda y musulmana, así como después de la Reconquista: Isidoro de Sevilla, *Etymologiarum sive originum libri XX*, Lib. XVI, cap. 22, ed. W. M. Lindsay (Oxford, 1911) parece hallarse particularmente al tanto de la minería del plomo en su época; en tiempos de los califas se extraía hierro en Castillo del Hierro, mercurio en Almadén, estaño en el Algarve, plomo cerca de Cabra y plata en las proximidades de Murcia; cf. A. R. Lewis, *Naval Power and Trade in the Mediterranean*, A. D. 500-1100 (Princeton, 1951), 169. Los sarracenos también explotaron las minas de Aljustrel, en Portugal; cf. W. G. Nash, *The Río Tinto Mine* (Londres, 1904), 43, también 44-45, 87; y fueron probablemente los portugueses quienes hacia 1637 introdujeron el tornillo de Arquímedes con manivela en el Japón; cf. Treptow, op. cit., 181, fig. 48; C. N. Bromehead, "Ancient mining processes as illustrated by a Japanese scroll", *Antiquity*, XVI (1942), 194, 196, 207. No conozco ningún tornillo de Arquímedes con manivela anterior al año 1405 (aprox.); cf. *supra*, pág. 129, n. 215. El siguiente se halla en R. Valturio, *De re militari* (Verona, 1472), fol. 169^{v}.

Nota 181, pág. 122. W. Springer, *Historische Baggermaschinen: em techno-historischer Beitrag* (Berlín, 1938), 19, se equivoca al afirmar que la primera cadena de cangilones aparece en J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinarum* (Lyón, 1578), lám. 39 (omite otra de la lám. 44). Aunque H. Chatley en *Engineering*, CLXIII (1947), 196, está probablemente en lo cierto al sostener, en contra de la opinión de H. P. Vowles, ibid., 41-42, 244, que no se utilizaba una cadena de baldes para irrigar los jardines colgantes de Babilonia en el siglo VI a. C., en el siglo III o II a. C. Filón de Bizancio, ed. B. Carra de Vaux (París, 1902), 224-25, describe un dispositivo semejante para pozos. En un pozo de Pompeya, (es decir, anterior al año 79) se descubrió una cadena de cangilones; cf. R. Pemp, "Wasserhebewerke in Pompeji", *Technik Geschichte*, XXVIII

(1939), 159-60. Una cadena de cangilones accionada mediante una rueda hidráulica aparece en un tratado árabe de fines de la Edad Media; cf. H. Schmeller, "Beitrag zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabern", *Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin,* VI (1922), 10-13.

Nota 187, pág. 123. ¿Cuál es la fecha probable de la bomba y la cadena de cangilones de Nemi? Parece improbable que sean del siglo primero de nuestra era. Los dos barcos estaban bien construidos, con los cascos protegidos por una capa de tela impregnada y luego por un revestimiento de plómo. Se matuvieron a flote el tiempo suficiente como para que una parte del maderamen se pudriese a consecuencia de un hongo y se efectuasen reparaciones; cf. ibid., 293. A medida que los barcos iban envejeciendo, sus cuidadores se mostrarían preocupados por ciertas filtraciones y sin duda instalarían nuevos aparatos para desagotar el agua de la sentina. El santuario de Diana Nemorensis, con el cual parecen haber tenido alguna vinculación esos barcos, siguió siendo famoso durante largo tiempo. G. B. Rubin de Cervin, "Mysteries and nemesis of the Nemi ships", *Mariner's Mirror*, XLI (1955), 39-41, señala que junto con los barcos se desenterraron monedas de época tan tardía como el 164 (aprox.) d.c. Cabría sospechar que fueron echados a pique durante la anarquía del siglo III.

Nota 196, pág. 125. R. J. Forbes, en Singer, *History of Technology*, II (1956), 111, al afirmar que "la primera referencia literaria cierta sobre un molino giratorio en el campo romano la da Virgilio (70-19 a.C.) ", descuida el hecho de que el *Moretum* (en *Appendix Vergiliana*, ed. O. Ribbeck [Leipzig, 18681, 138, 1.126) no fue escrito por Virgilio, que su fecha es muy incierta y que fue incluido por vez primera en una lista de obras de ese poeta en el catálogo de la biblioteca de la Abadía de Murbach, del siglo IX-X; cf. T. Birt, *Jugendverse und Heimatpoesie Vergils* (Leipzig, 1910), 4. F. L. Douglas, *A Study of the Moretum* (Syracuse, N. Y., 1929), 78-99, intenta demostrar que *De cultu hortorum*, de Columela, se basa parcialmente en Moretum, así como se basa explícitamente en las Geórgicas y Églogas. Pero si llegara a establecerse alguna relación, lo que es discutible, cabe igualmente la posibilidad de que el autor del *Moretum* se haya inspirado en Columela. Y si Columela sabía que *Moretum* pertenecía a la pluma de Virgilio, resulta curioso que Servio no supiese nada de ello.

Nota 198, pág. 126. F. Hürter, F. X. Michels y J. Röder, "Die Geschichte der Basaltlavaindustrie von Mayen und Niedermendig, I: Vor- und Frühgeschichte", Jahrbuch für Geschichte und Kultur des Mittelrheins, II-III (1950-51), 9; figs. 2, 4, 6 b. Los autores asocian este tipo de molino de mano con todo el período de La Téne. P. Orsi, "Gli scavi intorno al Athenaion di Siracusa", *Monumenti antichi*,

XXV (1918), 567-68, fig. 159, asegura haber hallado un ejemplar semejante en un estrato entre el Siciliense III y el Griego Arcaico. V. G. Childe, "Rotary querns on the Continent and in the Mediterranean basin", *Antiquity*, XVII (1943), 22-23, supone erróneamente que este molino de mano tenía un hueco vertical para el asa, con lo cual ese tipo de molino "en Gran Bretaña sería clasificado como romano-británico en el caso de la datación más antigua"; Moritz, op. cit., 55, es escéptico respecto de su estratificación. S. P. O'Riordain, "Excavations at Cush, Co. Limerick", *Proceedings of the Royal Irish Academy*, XLV, Sect. C (1940), lám. XXXVI, fig. 389, parece demostrar que tal perforación para un aro de cuerda no es posterior en Irlanda al año 1000 d.C. (aprox.); cf. 177-180.

Nota 200, pág. 126. Basándose en hallazgos efectuados en Numancia y Aragón, Childe, op. cit., 19-21, llega a la conclusión de que "hacia el siglo II a.C. existía en España un grupo de molinos de mano, bien distintos de los colmenares celtas y helenísticos, pues eran más achatados y estaban provistos de asas verticales". Pero A. Schulten, *Numantia*, IV (Munich, 1929), 227, lám. 50, muestra los fragmentos "mejor conservados" de molinos de mano hallados en el campamento romano. Sólo uno cuenta con un orificio vertical en la piedra superior y, puesto que únicamente se conserva la cuarta parte de la piedra, no es inverosímil que hubiese tenido un segundo orificio en el borde opuesto. Ibíd, III (1927), lám. 29, 3, muestra un dibujo a pluma de un molino reconstruido confusamente, con un orificio vertical para insertar un vástago, pero también con un orificio horizontal similar. No es posible fundar en esto conclusión clara. En cuanto a la otra fuente de Curwen, R. Bosch Gimpera, "Les Investigacions de la cultura ibérica al Baix Aragó", *Institut d'Estudis Catalans, Secció historico-arqueològica: Anuari*, VI (1915-20), 653, fig. 490, proporciona las líneas básicas para la fig. 1 de Cunwen; no obstante, en su fig. 492 Bosch Gimpera reconstruye las partes de madera desaparecidas de este molino de mano, no con manos verticales sino con un asa de barra horizontal sujeta al jinetillo mediante tarugos insertados en ranuras hechas en los lados opuestos de la piedra. Resulta así improbable que hacia el siglo II a. C. se hayan utilizado molinos de mano vertical en España.

Nota 204, pág. 127. Señalé esto por primera vez en "Technology and Invention in the Middle Ages", *Speculum*, XV (1940), 153; cf. *The Utrecht Psalter*, ed. E. De Wald (Princeton, 1932), lám. 58; R. J. Forbes, *Man the Maker* (Nueva York, 1950), 113, lám. 2. Si bien el iluminador basaba su trabajo, en forma directa o de segunda mano, en un salterio actualmente desaparecido, tal vez de principios del siglo V, no debemos atribuir este detalle a su prototipo; cf. D. Panofsky, "The textual basis of the Utrecht Psalter Illustrations", *Art Bulletin*, XXV (1943), 50-58; E. A. Lowe, "The uncial Gospel leaves attached to the

Utrecht Psalter", ibid., XXXIV (1952), 237-358; F. Wormald, *The Utrecht Psalter* (Utrecht, 1953), 8. Acerca de una piedra de afilar giratoria demediados del siglo XII, directamente inspirada en la del Salterio de Utrecht, véase M. R. James, *Canterbury Psalter* (Londres, 1935), fol. 108^{v}. L. F. Salzman, *Building in England down to 1540* (Oxford, 1952), 337, encuentra piedras de afilar giratorias en 1253, 1278, 1324 y 1339.

Nota 210, pág. 128. Herrade de Landsberg, *Hortus deliciarum* (Estrasburgo, 1901), lám. XI bis. Este manuscrito, que generalmente se atribuye a fines del siglo XII, debe datanse alrededor del 1205; cf. F. Zschokke, *Die romanischen Glasgemälde des Strassburger Münster* (Basilea, 1942), 59-60; O. Demus, *Mosaics of Norman Sicily* (Londres, 1049), 446-48, 455. Sobre otros *organistra*, cf. E. Millar, op. cit., lám. 80 (b); para uno del año 1250 (aprox.) y otro del 1240 (aprox.), cf. su *Library of A. Chester Beatty, the Western Manuscripts* (Oxford, 1927), I, lám. XCI (a). Geoffrey Ashbumer me ha remitido gentilmente la fotografía de un tipo de *organistrum* perteneciente al Salterio de Robert de Lindseye, fol. 38v, manuscrito inglés de 1220-22 actualmente en la Biblioteca de la Sociedad de Anticuarios, Londres. El hecho de que todos menos los primeros de estos cuatro *hurdygurdies* sean ingleses, y que los ejemplares ingleses daten de la primera mitad del siglo, puede significar que hacia el 1200 el *organistrum* estaba pasando de moda en Europa continental, pero que siguió siendo popular durante un poco más de tiempo allende el canal de la Mancha.

Nota 217, pág. 129. E. Wiedemann y F. Hauser, "Uber Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt", *Beitrage zur Geschichte der Technik und Industrie*, VIII (1918), 144, figs. 20-21. Sin embargo, que al-Jazarī no comprendió cabalmente el significado de la biela, como conexión de un movimiento de vaivén con un movimiento rotatorio, lo demuestra su bomba extraordinariamente complicada (ibid., 145-46, figs. 22-24; A. K. Coomaraswamy, *The Treatise of al-Jazarī on Automata* [Boston, 1924], 17, lám. VII), accionada mediante una rueda dentada montada excéntricamente sobre su eje. Este gira en una cavidad por un extremo, pero en un aro abierto, por el otro. Como el eje no pasa por el centro de la rueda dentada, el propio eje describe una órbita en forma de cono cuando aquélla gira. Este movimiento del eje se transforma en un movimiento de vaivén por medio de una barra vertical pivoteada en la base pero hendida en el extremo superior, la cual sujeta al eje y oscila de un lado a otro con él. Esta barra oscilante pone en movimiento las bombas por medio de conexiones laterales. Después de al-Jazarī no he encontrado bielas islámicas hasta un dibujo de un manuscrito de comienzos del siglo XV que contiene la traducción árabe, de fines del siglo IX, de la *Mecánica* de Herón; cf. B. Cama de Vaux, "Les Mécaniques ou l'Elévateur de Herón

d'Alexandrie sur la version arabe de Qosta ibn Luqa", *Journal asiatique*, 9ª serie, II (1893), 462, fig. 40. Ibíd., I (1893), 461, fig. 1, muestra una simple manija de palanca que Carra de Vaux denomina erróneamente manivela.
C. Daremberg y E. Saglio, *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*, I (París, 1887), 1110, fig. 1405, muestran un barreno de una sola manivela para trepanaciones quirúrgicas "des manuscrits d'Albucasis", el gran cirujano musulmán español que murió hacia el 1013. Este instrumento no figura en la tradición extraordinariamente uniforme de ilustraciones publicadas de las obras de Abū'l-Kāsim, según se hallan representadas en *Albucasis chirurgicorum... libri tres* (Estrasburgo, 1532); H. von Gersdorff, *Feldtbüch der Wund Artzney sampt vilen mstrumenten der Chirurgen uss den Albucasi contrafayt* (Estrasburgo, 1540); Albucasis, *Methodus medendi* (Basilea, 1641); J. Channing, tr., *Albucasis de chirurgia arabice et latine* (Oxford, 1778); L. Leclerc, tr., *La Chirurgie d'Abulcasis* (París, 1861), E. Gurlt, *Geschichte der Chirurgie* (Berlín, 1898), I, lám. IV, V; o K. Sudhoff, "Die Instrumenten-Abbildungen der lateinischen Abulquasim-Handschrif ten des Mittelalters", *Studien zur Geschichte der Medizin*, XI (1918), 16-86.
Para un sucinto panorama general del diseño islámico de máquinas, cf. H. J.J. Webster, "Muslim mechanics and mechanical appliances", *Endeavour*, XV (1956), 25-28. No se cuenta con un estudio analítico del desarrollo de la mecánica aplicada en el mundo sarraceno, pero en los tratados más tardíos pueden observarse nuevos elementos y más refinados usos de elementos antiguos. Las mejores introducciones son las de E. Wiedemann, "Zur Mechanik und Technik bei den Arabem", *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietat zu Erlangen*, XXXVII (1906), 1-56, 307-57, y H. Schmeller, "Beiträge zur Geschichte der Technik in der Antike und bei den Arabem", *Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin*, VI (1922), 1-47. Los tratados del Banū Mūsă (850, aprox.), Kitab al ḥiyal, ed. M. Curtze en *Nova acta Academiae Germanicae Naturae Curiosorum,* XLIX (1885), 105-67 (cf. F. Hauser, en *Abh. z. Gesch. d. Naturwiss.* I [1922], 1-188), y de al-Jāzinī (1121, aprox.), *Book of the Balance of Wisdom*, tr. N. Khanikoff en *Journal of the American Oriental Society*, VI, (1860), 1-128, parecen ser ambos menos refinados en materia mecánica que los del período helenístico. El tratado de al-Jāzarī sobre autómatas (año 1206), es notablemente más avanzado, pero no ha sido editado debidamente; cf. B. Carra de Vaux, "Note sur les mécaniques de Bédi ez-Zamān el Djazarī, et sur un appareil hydraulique attribué à Appolonius de Perge", *Annales internationales d'histoire, Congrés de Paris, 1900: 5e section, Histoire des sciences* (Paris, 1901), 112-20; A. K. Coomaraswamy, *The Treatiae of al-Jāzarī* (Boston, 1924); R. M. Riefstahl, "The date and provenance of the automata miniatures", *Art Bulletin*, XI (E29), 206-15; M. Aga Oglu, "On a manuscript of al- Jāzarī", *Parnassus*, III, VII, (1931), 27-28;

P. Wittek, "Datum unid Herkunft der Automaten-Miniaturen", *Der Islam*, XIX (1931), 177-78; L. Mayer, "Zum Titelblatt der Automata-Miniaturen", *Orientalistische Literaturzeitung*, III (1932), 165-66; I. Stchoukine, "Un manuscrit du traité d'al-Jazari sur les automates", *Gazette des beaux-arts*, XI (1934), 134-40; H. W. Glidden, "A note on the automata of al-Djazari", Ars *islamica*, III (1936), 115-16; E. Schroeder, *Persian Miniatures in the Fogg Museum of Art* (Cambridge, Mass., 1942), 21-27.
Sobre aspectos de la tecnología islámica, cf. B. Carra de Vaux, "Notice sur deux manuscrits arabes", *Journal asiatique*, 8ª serie, XVII (1891), 287-322; "Notice sur un manuscrit arabe traitant de machines attribuées à Héron, Philon et Archimède", *Bibliotheca mathematica*, 3ª serie, I (1900), 28-38; "Le livre des appareils pneumatiques et des machines hydrauliques par Philon de Byzance édité d'après les versions arabes", *Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Nationale*, XXXVIII (1903), 27-335; *Les Penseurs d'Islam* (París, 1921), II, 168-94. E. Wiedemann dedicó toda una vida a la cuestión. Sus contribuciones están enumeradas en J. D. Pearson, In*dex islamicus, 1906-1955* (Cambridge, 1958), sub nom.

Nota 225, pág. 130. L. F. Salzman, *Building in England down to 1940* (Oxford, 1952), lám. 13; Singer, op. cit., lám. 30. Según el *Catalogue of Additional Manuscripts* del Museo Británico, el Add. MS. 18.850 fue realizado para Juan duque de Bedford y regente de Francia, y para su esposa Ana, hija de Juan, Duque de Borgoña, que se casaron en 1430. Fue obsequiado entonces a Enrique VI de Inglaterra por Ana en la Nochebuena de 1430.
El cuarto berbiquí conocido se halla en una miniatura francesa del 1460 (aprox.); cf. J. van den Gheyn, *Cronicques et Conquestes de Charlemaine, reproduction des 105 miniatures de Jean de Tavernier d'Audenarde (1460)* (Bruselas, 1909), lám. 95; Salzman,.op. cit., 336, lám 19. El quinto aparece en una xilografía flamenca del taller de carpintero de San José, hecha por frotación entre 1480 y 1500; cf. *Einblattdrucke des fünfzehnten Jahrhunderts*, ed. P. Heitz, XIV: *Formschnitte des fünfzehnten Jahrhunderts aus der Sammlung Schreiber* (Estrasburgo, 1908), Nº 4, y págs. 7-8; cf. W. L. Schreiber, *Manuel de l'amateur de la gravure sur bois et sur métal au XV^e siècle*, I (Berlín, 1891), 180, Nº 638. F.
M. Feldhaus, *Technik der Vorzeit* (Leipzig, 1914), 114, fig. 79, representa este berbiquí fuera de contexto y con referencias defectuosas.

Nota 238, pág. 132. B. Gille, "Machines", en Singer, op. cit., II (1956), 654, afirma que la combinación de manivela y biela fue adoptada muy paulatinamente: "Incluso en los siglos XVII y XVIII la manivela y la biela rara vez se combinaron"; véase también su "Bielle-manivelle", pág. 46. Puede haber influido en

su apreciación un soberano absurdo registrado en la historia de la manivela en agosto de 1780, cuando James Pickard, de Birmingham, logró patentar la manivela y biela que él había aplicado a la máquina de vapor, con lo cual posibilitó la explotación de la energía del vapor para movimientos giratorios y para el transporte; cf. F. XV. Brewer, "Notes on the history of the engine crank and its application to locomotives", *Locomotive Railway Carriage and Wagon Review*, XXXVIII (1932), 373-75. (R. Jenkins, *Collected Papers* [Cambridge, 1936], 98-106, atribuye erróneamente la patente a Matthew Wasbrough.) Gille considera precoz a Leonardo por su interés en la combinación de manivela y biela; no obstante, era común en su época: además de los ocho ejemplos europeos ya citados, véase el relieve de un aserradero esculpido (1474) por Francesco di Ciorgio en Urbino (F. M. Feldhaus, *Die Maschine im Leben der Völker* [Basilea, 1954] fig. 167), su dibujo de un provecto similar (A. Uccelli, *Storia della tecnica*, fig. 200) y su manuscrito dc 1482-1501 (*supra*, pág. 132, n. 234), fol. 96^{r} (fig. 8), y, al Norte de los Alpes, 1480 (aprox.), el *Mittelalterliches Hausbuch*, ed. H. T. Bossert y W. F. Storck (Leipzig, 1912), lám. 32. Un examen completo de la literatura técnica de los siglos XVI y XVII revelaría muchos otros ejemplos de manivelas con bielas; empero, los siguientes servirán para rebatir la opinión de Gilles de que esa combinación fue descuidada: un dibujo de Giulio Campagnola, que data de antes de 1514, en Singer, op. cit., II (1956), lám. 8; V. Biringuccio, *Pirotechnia* (Venecia, 1540), tr. C. S. Smith y M. T. Gnudi (Nueva York, 1942), portada, fols. 140^{v}, 142^{r}; G. Agrícola, *De re metallica*, de 1556, tr. H. C. y L. H. Hoover (Nueva York, 1950), 180, 185, 187, 189, 305; C. Piccolpasso, *Li tre libri dell'arte del vasaio* (escrito en 1556-59), ed. B. Rockham y A. Van de Put (Londres, 1934), láms. 39, 40, 42; J. Besson, *Theatrum instrumentorum et machinarum* (Lyón, 1578), lám. 13; A. Ramelli, *Le Diverse et Artificiose Machine* (París, 1588), dieciocho ejemplos; M. F. Pisek, "Un manuscrit en langue tchèque provenant de la seconde moitié du XVI^{e} siècle sur l'art de la fonderie", *Techniqnes et civilisations*, II (1951), 16-17, figs. 13, 14; V. Zonca, *Novo teatro di machina* (Padua, 1607), 103, 107, 110; Biblioteca Vaticana, Barbarini lat. 4353, cuaderno de un ingeniero anónimo de fines del siglo XVI o comienzos del XVII, que utilicé en la Filmoteca Vaticana, St. Louis, fols. 46^{r}, 52^{r}, 61^{r}, 62 , 94^{r}; B. Lorini, *Delle fortificationi*, 4^{a} ed. (Venecia, 1609), 231, 239, 241; H. Zeising, *Theatrum rnachinarum* (Leipzig, 1612-14), diez efemplos; F. Veranzio, Machinae novae (Venecia [1615-16]), lám. 22; G. Branca, *Le Machine* (Roma, 1629), figs. 1, 27, 33, 43, 51, 52, 53, 67; J. Wilkins, *Mathematicall Magick* (Londres, 1648), 42; E. E. Löhneijss, *Bericht vom Bergwerk* (Hamburgo, 1660), lám. 10, 12; G. A. Böckler, *Theatrum machinarum novum* (Nuremberg, 1661) contiene cuarenta y cinco ejemplos en 154 láminas.

Nota 251, pág. 134. Cf. MS. B, fol. 54^{r}, cd. C. Ravaisson-Mollien (París, 1883), acerca de un péndulo que accionaba una bomba aspirante-impelente. Aunque F. M. Feldhaus, "Das Pendel bei Leonardo da Vinci", *Deutsche Uhrmacher-Zeitung*, XXXIV (1910), 23-24, probablemente tuviese razón al identificar el boceto de
Leonardo en el *Codice atlantico*, fol. 257^{r} a (1497-1500, aprox.; cf. Pedretti, op. cit., 277), como un escape de péndulo para un mecanismo de relojería, la idea no tuvo aplicación en relojería hasta la década de 1650; véase también su "Das Pendel im Maschinenbau vor Erfindung der Pendcluhr", ibid., XXXII (1908), 160. 5. A. Bedini, *Johann Philipp Treffler, Clockmaker of Ausburg* (Ridgefield, Conn., 1957), 5-12, demuestra que Treffler se anticipó a Huygens en la invención del reloj de péndulo. Un notable precursor del reloj de péndulo se encuentra en el escape de oscilación transversal de Justus Bürgi, que murió en Cassel en 1632; cf. Tycho Brahe, *Opera Omnia*, cd. J. L. Dreyer, VI (Copenhague, 1919), 347; Singer, *History of Technology*, III (1957), 660, fig. 400.

Nota 254, pág. 135. E. Chavannes, *Mission archéologique dans la Chine septentrionale* (París, 1909), lám. 75, muestra claramente un telar con dos pedales; en cuanto a la fecha, cf. XV. Fairbank, "The offering shrines of 'Wu Li-ang Tz'u' ", *Harvard Journal of Asiatic Studies*, VI (1941), I. H. E. Winlock, *The Monastery*
of Epiphanius at Thebas (Nueva York, 1926), I, 69-71, sostiene que en este lugar de Tebas en el siglo VII hay indicios de pedales de telar, pero su interpretación de las pruebas es dudosa; cf. R. J. Forhes, *Studies in Ancient Technology*, IV (Leiden, 1956), 215. E. von Erhardt-Siehold, "The Old English loom riddles", en *Philologica: the Malone Anniversary Studies*, cd. T. A. Kirby y H. E. Woolf (Baltimore, 1949), 12, niega las pruebas del uso por los griegos o romanos de cárcolas para controlar los lizos de los telares. El telar vertical "clásico" de cuatro cárcolas, que servía para tejer ropas sin costura, reproducido por H. L. Roth, *Studies in Primitive Looms* (Halifax, 1934), 122, fig. 192, de una fuente del siglo XVII, no guarda relación con ningún testimonio antiguo.

Nota 268, pág. 136. F. Keutgen, *Urkunden zur städtischen Verfassungsgeschichte* (Berlin, 1901), 373, Nº 278, párr. 16: "Item cum rota filan potest, sed fila quae filantur in rota nullo modo in aliquo panno apponi debet zetil; sed zetil totaliter filari debet cum mano et fusa". Sobre un reglamento similar en Speyer, en 1298, cf. F. J. Mone, "Zunftordnungen einzelner Handwerker", *Zeitschrift für Geschichte des Oberrheins*, XV (1863), 281; F. M. Feldhaus, "Spinnräder", *Daheim*, XLII, I (1905-06), Nº 10, p. 22; y su „Zur Geschichte des Spinnrades", *Melliand Textilbarichte*, VII (1926), 93-94. Las

ruedas ilustradas en Delaporte, op. cit., II, lám. CXXIX, y III, lám. CCLXXI, de ventanales de Chartres algo anteriores a 1280, pueden ser devanaderas, que servían para arrollar el hilo en bobinas para la lanzadera (cf. Singer, *History of Technology*, II [1956], fig. 183, para un ejemplar del año 1310, aprox.); de ellas probablemente surgió el torno de hilar.

Nota 282, pág. 140. C. Frémont, "Un échappement d'horloge au treizième siècle", *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CLIX (1915), 690-92, halló un escape mecánico del 1235 (aprox.) en el cuaderno de Villard de Honnecourt, ed. H. R. Hahnloser (Viena, 1935), 134-35, lám. 44, que muestra dispositivos para mantener el dedo de un ángel apuntando siempre al Sol y para hacer girar la cabeza de un águila sobre un atril; cf. Usher, op. cit., 193-94. Que con el tiempo se llegó a perfeccionar algún aparato por el estilo lo demuestra la mención de un ángel giratorio en San Pablo, Londres, en 1344; cf. G. Baillie, *Watches* (Londres, 1929), 38, que cita la *Carta Cottoniana*, XXI, 24; y hasta el incendio de 1826 un ángel semejante coronaba la cabecera de Chartres; cf. E. Mále, *Religious Art in France in the Thirteenth Century* (Nueva York, 1913), 22, Nº 3. Pero esos dispositivos esbozados por Villard no pueden funcionar como mecanismos automáticos y sólo pueden ser aducidos para mostrar sus aspiraciones, más que sus logros, en cuanto a la utilización de la fuerza de la gravedad; cf. F. M. Biebel, "The 'Angelot' of Jean Barbet", *Art Bulletin*, XXXII (1950), 340, n. 28.

Nota 305, pág. 143. Acerca de los entretenimientos medievales con autómatas, aparte de los de los relojes, cf. J. W. Spargo, *Virgil the necromancer* (Cambridge, Mass., 1934), 117-35; M. Sherwood, "Magic and mechanics in mediaeval fiction", *Studies in Philology*, XLIV (1947), 567-92. Ya en 1299, por lo menos, un extraordinario "parque de diversiones" lleno de juegos mecánicos de sorpresas, espejos deformadores, etc., se construyó en Hesdin, Artois, y a fines del siglo XV todavía lo conservaban los duques de Borgoña; cf. J. M. Richard, *Une petite-nièce de Saint-Louis: Mahaut, comtesse d'Artois at de Bourgogne* (1302-1829) (París, 1887), 308, 333-42. Sobre el interés de Montaigne en mecanismos similares para juegos de sorpresas en los jardines de los grandes duques de Toscana, véase su *Journal de voyage*, cd. L. Lautrey (París, 1909), 187, 195-96, y también J. Plattard, "Les Jardins français à l'époque de la Renaissance", *Revue du XVI^e siècle*, II (1914), 252-53.

Nota 306, pág. 143. Cf. M. Clagett, Giovanni Marlani and late medieval physics (Nueva York, 1941), 125, n. 1, para la bibliografía más antigua; más recientemente, A. Maier, *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* (Roma, 1949), 132-54, *Zwei Grund probleme der scholastischen Naturphilosophie: das Problem*

der intensiven Grösse; die Impetustheorie, 2ª ed. (Roma, 1951), 113-314, y *Zwischen Philosophie und Mechanik* (Roma, 1958), 343-73; E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Wetlbildes* (Berlín, 1956), 201-08. La nueva teoría fue formulada explícitamente por vez primera en las clases de Franciscus de Marchia en París, en 1319-1320; cf. *Grundprobleme*, 165, n. 11. No obstante, en su *De ratione ponderis* Jordanos de Nemore (muerto en 1237) adelanta la que luego sería la teoría del ímpetu basándose probablemente en la observación del comportamiento de objetos grandes e irregulares, tales como caballos muertos, que eran arrojados por la nueva artillería de contrapesos; cf. E. A. Moody y M. Clagett, *The Medieval Science of Weights* (Madison, 1952), 226, 412.

Nota 308, pág. 143. Cf. L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*, III (1934), 405; IV (1934), 169. La expresión "machina mundi" aparece en Lucrecio, pero Arnobio Afro cubre de sarcasmos tanto a Lucrecio ("rerum ipsa quae dicitur appellaturque natura") como a la concepción mecánica de éste: "Numquid machinae huius et molis, quae universi tegimur et continemur inclusi, parte est in aliqua relaxata aut dissoluta constructio?" (*Adversus nationes*, 1, 2, cd. A. Reifferscheid [Viena, 1875], 4, vs. 6-7, 9-11). Sin embargo, dice Dionisio Areopagita comentando la Crucifixión, en un pasaje que no he verificado en su contexto: "Aut deus naturae patitur, aut machina mundi dissolvetur". En su *Tractatus de sphera*, escrito probablemente antes de 1220, Juan de Sacrobosco cita estas palabras de Dionisio en su última frase; cf. cd. L. Thorndike (Chicago, 1949), 117: evidentemente en ellas se fusionan ni cosmología y su fe, puesto que "machina mundi" aparece igualmente en su primer capitulo; cd. cit., 78. En *De sphera*, de Robert Grosseteste, escrito probablemente poco antes de 1224, se emplea la expresión "machina mundi" tres veces en las primeras trece líneas; cf. L. Baur, *Die philosophische Werke des Robert Grosseteste* (Münstern, 1912), 11. Un siglo después, Juan Buridán, en *Quaestiones super Libris quatuor de caelo et mundo*, cd. E. A. Moody (Cambridge, Mass., 1942), 180, impresionado pon el hecho de que una rueda de afilar, una vez puesta en movimiento se detiene únicamente por efecto de la fricción (*resistentia*), sugiere que acaso no se requieran inteligencias angélicas para mover las esferas celestes, las cuales tal vez giran merced a un ímpetu inicial: "Posset enim dici quod quando deus creavit sphaeras coelestes, ipse incepit movere unamquamque earum sicut voluit; et tunc ab impetu quam dedit eis, moventur adhuc, quia ille ímpetus non corrumpitur nec diminuitur, cum non habent resistentiam". Quedaba así allanado el camino para el Dios relojero de Oresme.

Nota 317, pág. 145. E. von Bassermann-Jordan, *Die Standuhr Phillpps des Guten von Burgund* (Leipzig, 1927). La autenticidad de este reloj ha sido puesta en tela de juicio más recientemente por A. Leiter, "Fälschung oder echt? Eine Betrachtung über die Standhur 'Philipps des Guten von Burgund' ", *Die Uhr*, XII, Nº 21 (1958), 39-40, el cual asegura que la caja es un relicario del 1400 (aprox.) al que se le colocó un mecanismo de reloj hacia el 1550. Pero parece muy improbable que en una reforma posterior del relicario, presumiblemente efectuada por protestantes, se hayan dejado subsistir las armas de Borgoña. Más aún, II. A. Lloyd, *Some Oustanding Clocks over Saven Hundred Years, 1250-1950* (Londres, 1958), 31, lám. 26, presenta un reloj de resorte del 1440-1450 (aprox.) en un retrato borgoñón. Puesto que el principio del caracol del reloj se conocía en 1405 (*supra*, pág. 146, n. 325) y ciertamente se aplicaba a los relojes en 1447 (supra, pág. 146, u. 324), un reloj de 1430 (aprox.) no puede ser rechazado simplemente por poseer caracol. Es igualmente imprudente cuestionar su autenticidad porque esté provisto de tornillos metálicos de sujeción ya que este tipo de tornillos aparece hacia el 1405 en *Bellifortis*, de Kyeser, fols. 125^{r}, 129^{v}, y en la década del 1480 se lo encuentra en la metalistería de calidad; cf. W. Treue, *Kulturgeschichte der Schraube* (Munich, 1955), 156.

Nota 326, pág. 146. En la Europa de fines de la Edad Media no había mayores recelos respecto del progreso tecnológico, a pesar de las reservas de San Agustín, *De civitate Dei*, XXII, cap. 24, ed. E. Hoffmann en *Corpus script. ecles. lat.* XL, II (1900), 845: "El genio humano ha inventado y dado aplicación práctica a muchas y grandes artes..., y la industria humana ha hecho adelantos maravillosos y sorprendentes", [con todo] "para daño de los hombres, ¡cuántas clases de venenos, cuántas armas y máquinas de destrucción se han inventado!" Es curioso que los indios de Perú y de México, menos adelantados en lo material, percibieran el concepto retributivo de la tecnología mucho antes del *Frankenstein* de Mary Wollstonecraft Shelley (Londres, 1818). La "Rebelión de los Artefactos" muestra en su arte a las armas y utensilios combatiendo y derrotando a los seres humanos; cf. Knickeberg, "Mexikanisch-Peruanische Parallelen", en *Festschrift P. W. Schmidt*, ed. W. Koppers (Viena, 1928), 386-88; E. Sellen, *Gesammelte Abhandlungen*, V (Berlin, 1915), 132, fig. 4.

Nota 329, pág. 147. Las historias generales del movimiento perpetuo no cubren adecuadamente las primeras manifestaciones; cf. H. Dircks, *Perpetuum mobile* (Londres, 1861), y la versión ampliada bajo el nombre de P. Verance (Chicago, 1916); F. M. Feldhaus, *Rühmesblätter der Technik* (Leipzig, 1910), 217-30, y *Technik der Vorzeit* (Leipzig, 1914), 784-85; F. Ichak, *Das Parpetuum Mobile* (Leipzig, 1914); J. Michel, *Mouvements perpéttuels, leur histoire at leurs par-*

ticularités (París, 1927). M. Tramen, *Technisches Schaffen Geisteskranker* (Munich, 1926) se basa totalmente en Feldhaus y en Ichak. Para una discusión de los conceptos teóricos del siglo XVI, cf. P. Duhem, *Origines de la statique* (París, 1905), I, 52-60. Los experimentos con *perpetua mobilia* fueron sin duda una de las razones del rápido aumento del interés por la fricción y pon los métodos para reducirla; cf. F. M. Feldhaus, *Geschichte der Kugel-, Walzen- und Rolleranlage*n (Schweinfurt sobre el Main, 1914); H. T. Horwitz, *Entwicklungsgeschichte der Traglager* (Berlín, 1914)

Nota 344, pág. 150. Lib. II, cap. 98, ed. T. Wright (Londres, 1863), 183; también en *De utensilibus*, de Neckham, en *A Valuase of Vocabulaires*, ed. T. Wright (Londres, 1857), 114. W. E. Mav, "Alexander Neckham and the pivoted compass needle", *Journal of the Institute of Navigation*, VIII (1955), 283-84, señala que Neckham no habla de una brújula oscilante. May, "Hughes de Berze and the mariner's compass", *Mariners' Mirror*, XXXIX (1953), 103-05, asegura que nadie ha localizado la afirmación original, atribuida en el siglo XVII a Hughes, 1204 (aprox.), relativa a la brújula. La supuesta carta de Brunetto Latini donde cuenta cómo Roger Bacon le mostró una brújula es una falsificación de 1802; cf. May y H. L. Hitchins, *From Lodestone to Gyrocompass* (Nueva York, 1953), 21-22. Para un examen general de las primeras fuentes europeas de la historia de la brújula, véase A. Schück, *Der Kompass*, II (Hamhurgo, 1915), 26-30; H. Balmer, *Baiträge zur Geschichte der Erkenntniss der Erdmagnetismnus* (Aarau, 1956), 52.

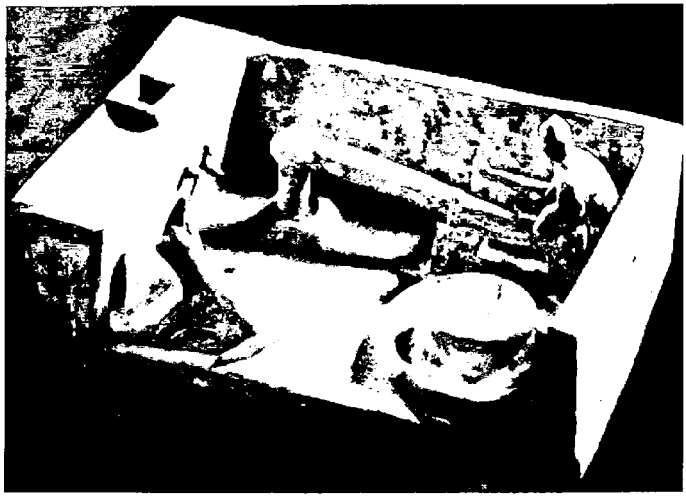
Nota 359, pág. 151. Parte 1, cap. 10, ed. Hellmann, 8: "Per hoc autem instrumentum excusaberis ab omni horologio; nam per ipsum scire poteris ascensos in quacumque hora volueris, et omnes alias celi dispositiones quas querunt astrologi". La esfera magnética de Pedro, que giraba automáticamente, iba a tener un gran destino. El cardenal Nicolás de Cusa (muerto en 1464) la conoció sólo a través de los escritos de Bacon; cf. Balmer, op. cit., 249. Sin embargo, a juzgar por varios manuscritos que han llegado hasta nosotros, la Epístola siguió siendo bastante leída (cf. T. Bertelli, "Intorno a due codici Vaticani della Epistola de magnete di Pietro Peregrino di Maricourt", *Bulletino di bibliogralia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, IV [1871], 4-9), e incluso antes que el tratado de Pedro fuese impreso en Roma, en fecha anterior a 1520, bajo el título *De virtute magnetis* y atribuido falsamente a Raimundo Lulio (cf. G. Sarton, "The first edition of Petrus Peregrinos 'De magnete', before 1520", *Isis*, XXXVII [1947], 178-79), el dominico (y luego calvinista) Amadeo Meygret, *Questiones... in libros de calo et mundo Aristotelis* (París, 1514), fol. 12^{r,v}, escribe con gran entusiasmo sobre la esfera giratoria de Pedro: "Si magnes fiat spherice figure, et ponatur in medio axis, et situetur secundum situm celi, pars

videlicet que est septemtrionalis versus polum articum, et meridionalis versus antarticum: non enim est eiusdem dispositionis in omnibus partibus: immo experimento probatur quod quemadmodum polos articus est oppositus antartico, ita etiam in magnete. Si enim acus fricetur ab ea parte que subiacet septemtrioni, et approprietur parti opposite non attrahet eam, sed repellet, et e converso, si acus fricetur a parte que subiacet meridiei. Talis inquam magnes circulariter moveretur, et non, per ascensum et descensum, quia tunc talis motus esset violentus; motus autem magnetis, si magnes imperpetuum duraret, esset perpetuus, ergo non esset violentus. Forte ad hoc quis negaret quod moveretur, sed hoc esset subtemfugere: immo est quidam tractatus de compositione talis magnetis; ideo concedatur ille motus. Et si dicas quod erit perpetuus si duraret magnes in tali dispositione, concedatur et nego consequentiam, quia illa perpetuitas provenieret ex eo quod virtus movens semper applicaretur unde si virtus motiva figuli semper applicaretur rote, rota semper moveretur. Similiter si duo homines perpetuo percuterent pilam, ipsa semper moveretur. Et quia tunc a sola virtute celesti movetur et ipsa est perpetua perpetuo applicata, non est inconveniens quod perpetuo duret". (Agradezco al doctor Bern Dibner, de Norwalk, Connecticut, el que me haya proporcionado una fotografía del pasaje correspondiente del ejemplar de la Burndy Library de este libro sumamente raro.) Presumiblemente en su edición de Alchabitius, *Praeclarum opus ad scrutanda stellarum magisteria isagogicum* (Venecia, 1521), que yo no he visto (cf. Thorndike, op. cit., VI [1941], 471, n. 21), Antonio de Fantis describe la esfera magnética giratoria; y ésta a su vez es citada por G. Cardano en su *De rerum varietate*, de 1557; cf. Balmer, op. cit., 249. En 1558 apareció en Augsburgo una segunda edición de la obra de Pedro con el título *De magnete seu rota perpetui motus*, ed. A. P. Gasser. Cuatro años después, J. Taisnier, *Opusculum perpetua memoria dignissimum, de natura magnetis at eius effectibus* (Colonia, 1562), 8-9, no solamente describió una esfera armilar automática semejante sino que proporcionó un detallado croquis de ésta; por cierto, quedó tan satisfecho con aquél, que colocó un dibujo del mismo en un lugar conspicuo de su propio retrato, al comienzo de la obra. G. B. della Porta, *Magia naturalis*, Lib. VII, cap. 37 (Nápoles, 1589), versión facsimilar de la traducción inglesa de Londres, 1658, ed. D. J. Price (Nueva York, 1957), 207, también se refería a la esfera magnética que giraba automáticamente. Por lo visto, para esa época la idea era ya del dominio público.

En su *De Magnete* (Londres, 1600), William Gilbert se basó en Pedro de Maricourt más que en ningún otro autor; cf. E. Zilsel, "The origins of William Gilbert's scientific method", *Journal of the History of Ideas*, II (1941), 11-12. Si bien Gilbert rechazaba la idea de máquinas de movimiento perpetuo y dudaba de que la esfera magnética realmente girase (cf. Libro VI, cap. 4, ed. D. J. Price [Nueva York, 1958], 223), de todos modos tiene razón Zilsel, op. cit., 5, al

percibir que "le hubiese gustado admitir la afirmación de Pedro de Maricourt de que una esfera magnética gira continuamente por sí sola", porque a partir de ella había concebido, por analogía, la idea de que la propia Tierra era un enorme imán que giraba precisamente por ser tal; cf. ed. cit., Libro I, cap. 17, 39-44; Libro VI, cap. 1, 211-12; cap. 3, 214-20; también P. F. Mottelay, *Bibliographical History of Electricity and Magnetism* (Londres, 1922), 47, n. 1. Aunque la hipótesis de Gilbert sobre la rotación magnética diurna del globo terrestre no podía demostrarse concluyentemente, la difusión previa de la noción de Pedro de Maricourt de una *terrella* en rotación hizo que la idea resultase tan aceptable que, incluso con pruebas insuficientes, pronto eliminó una de las principales objeciones físicas al sistema de Copérnico; cf. F. R. Johnson, *Astronomical Thought in Renaissance England* (Baltimore, 1937), 215-19. Para un análisis de cómo Gilbert a partir del supuesto fenómeno de la *terrella* llegó a la conclusión de que nuestro planeta es una esfera magnética giratoria, cf, A. Wolf, *History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th Centuries*, 2ª ed. (Londres, 1950), 294-96.

LÁMINA 2



Lamina 4

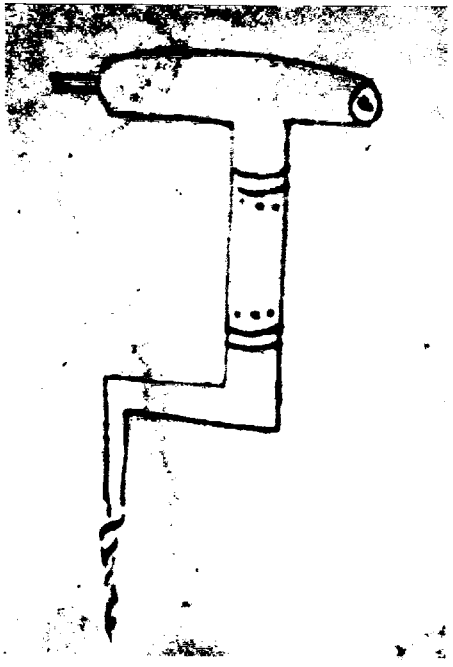


Lámina 6

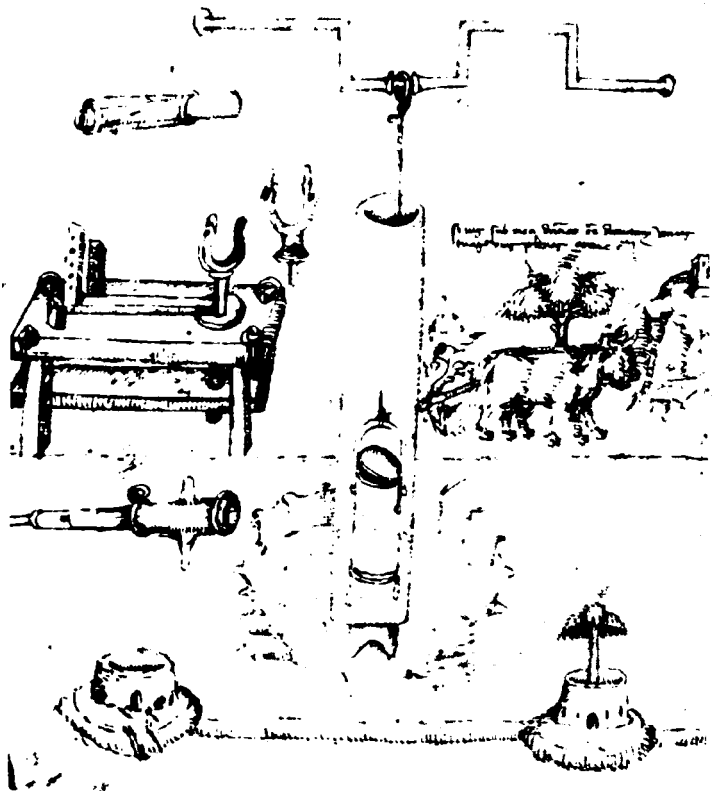


LÁMINA 7

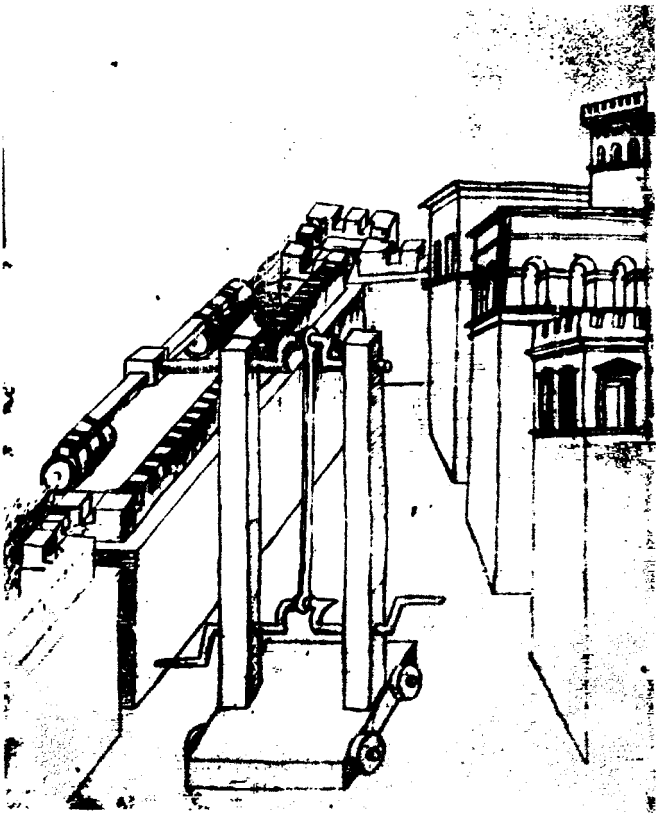


LÁMINA 8

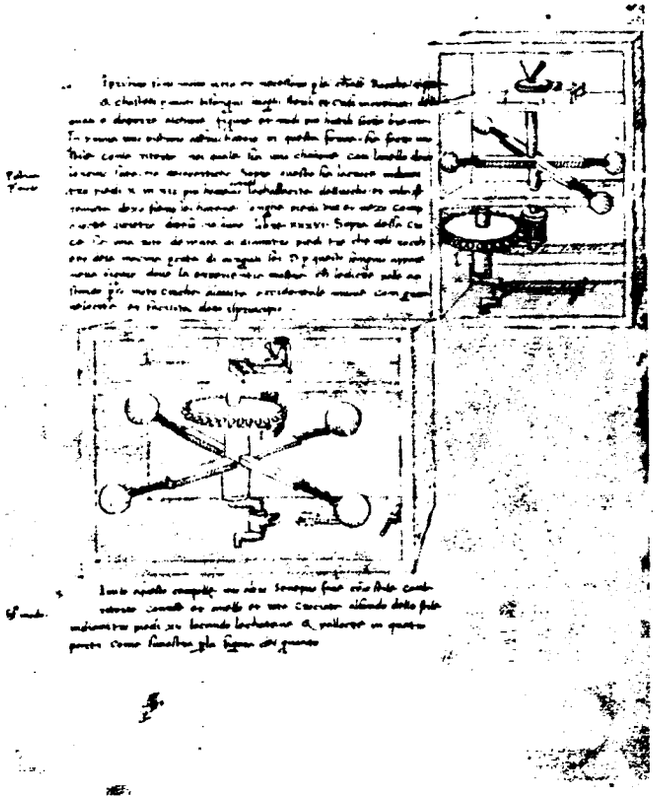


LÁMINA 9